

04D05

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of: Takayuki WATANABE et al.

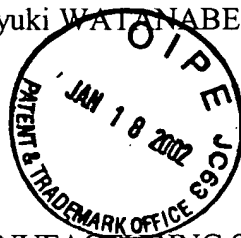
Serial No.: 10/024,391

Group Art Unit: Unassigned

Filed: December 21, 2001

Examiner: Unassigned

For: METHOD OF MANUFACTURING SEMICONDUCTOR DEVICE AND METHOD OF
MANUFACTURING OPTICAL WAVEGUIDE



CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119

Commissioner for Patents
Washington, DC 20231

Date: January 18, 2002

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application is hereby requested
for the above-identified application, and the priority provided in 35 U.S.C. 119 is hereby claimed:

2000-393318, Filed December 25, 2000

In support of this claim, the requisite certified copy of said original foreign application is
filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the applicants have
complied with the requirements of 35 U.S.C. 119 and that the Patent and Trademark Office kindly
acknowledge receipt of said certified copy.

In the event that any fees are due in connection with this paper, please charge our Deposit
Account No. 01-2340.

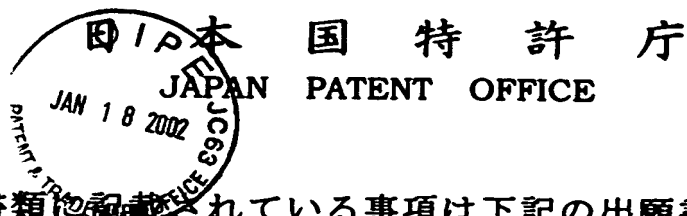
Respectfully submitted,

ARMSTRONG, WESTERMAN & HATTORI, LLP

William L. Brooks
Attorney for Applicants
Reg. No. 34,129

Atty. Docket No. 011732
1725 K Street, NW, Suite 1000
Washington, DC 20006
Tel: (202) 659-2930
Fax: (202) 887-0357
WLB:mla

H:\HOME\letitia\WLB\01\011732\claim for priority



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2000年12月25日

出願番号

Application Number:

特願2000-393318

出願人

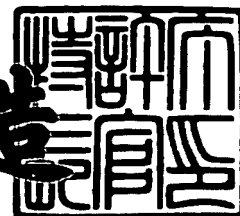
Applicant(s):

富士通カンタムデバイス株式会社

2001年 9月27日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3088855

【書類名】 特許願

【整理番号】 0001087

【提出日】 平成12年12月25日

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 H01L 21/306
H01L 21/3105

【発明の名称】 半導体装置の製造方法および光導波路の製造方法

【請求項の数】 40

【発明者】
【住所又は居所】 山梨県中巨摩郡昭和町大字紙漣阿原 1 0 0 0 番地 富士
通カンタムデバイス株式会社内
【氏名】 渡辺 孝幸

【発明者】
【住所又は居所】 山梨県中巨摩郡昭和町大字紙漣阿原 1 0 0 0 番地 富士
通カンタムデバイス株式会社内
【氏名】 伊藤 浩明

【発明者】
【住所又は居所】 山梨県中巨摩郡昭和町大字紙漣阿原 1 0 0 0 番地 富士
通カンタムデバイス株式会社内
【氏名】 藤井 卓也

【特許出願人】
【識別番号】 000154325
【氏名又は名称】 富士通カンタムデバイス株式会社

【代理人】
【識別番号】 100070150
【住所又は居所】 東京都渋谷区恵比寿 4 丁目 2 0 番 3 号 恵比寿ガーデン
プレイスタワー 3 2 階
【弁理士】
【氏名又は名称】 伊東 忠彦

【電話番号】 03-5424-2511

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 002989

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9806577

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体装置の製造方法および光導波路の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 成長開始面上に I n P 層を、前記 I n P 層が段差形状を有するように成長する工程と、

前記 I n P 層に対して塩酸と酢酸とを含むエッチャントを使ったウェットエッチングを行い、前記 I n P 層の表面を平坦化する工程とを含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 2】 前記成長工程は、前記段差形状が前記成長開始面の初期段差に対応して生じるように実行されることを特徴とする請求項 1 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 3】 前記成長開始面の初期段差はメサ形状であることを特徴とする請求項 2 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 4】 前記成長開始面の初期段差は、ステップ形状であることを特徴とする請求項 2 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 5】 前記成長開始面は平坦面で、部分的に選択成長マスクを有し、前記成長工程は、前記段差形状が前記選択成長マスクに対応して形成されることを特徴とする請求項 1 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 6】 前記平坦化工程は、前記 I n P 層が前記平坦化工程の結果、(1 0 0) 面および (0 1 1) 面および (0 - 1 - 1) 面のいずれかよりなる平坦化面を有するように実行されることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のうち、いずれか一項記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 7】 前記平坦化工程は、前記 I n P 層が前記平坦化工程の結果、前記平坦化工程前に比べて (1 0 0) 面および (0 1 1) 面および (0 - 1 - 1) 面のいずれかにより近づいた面よりなる平坦化面を有するように実行されることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のうち、いずれか一項記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 8】 前記成長工程は、前記成長開始面の最も高い位置よりも低い I n P 層表面を有するように実行され、前記平坦化工程は、前記 I n P 層が前記

平坦化工程の後、前記基板表面から測って前記 I n P 層の最も低い位置に対応した高さの平坦化面を有するように実行されることを特徴とする請求項 1 ～ 7 のうち、いずれか一項記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 9】 前記成長工程は、前記成長開始面の最も高い位置と同等か、それ以上に高い I n P 層表面を有するように実行され、前記平坦化工程は、前記 I n P 層が前記平坦化工程の後、前記基板表面から測って前記成長開始面の最も高い位置に対応した高さの平坦化面を有するように実行されることを特徴とする請求項 1 ～ 7 のうち、いずれか一項記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 1 0】 前記成長開始面は、前記初期段差の一部に選択成長マスクを有し、前記 I n P 層を成長する工程は、前記 I n P 層の段差形状が、前記選択成長マスクの縁に対応して形成されるように実行されることを特徴とする請求項 2 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 1 1】 前記 I n P 層を成長する工程は、前記 I n P 層の段差形状が、前記成長開始面上において前記初期段差の側面に沿ってスロープ領域を形成するように実行されることを特徴とする請求項 2 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 1 2】 前記 I n P 層を成長する工程は、前記 I n P 層の段差形状が、前記 I n P 層が前記成長開始面上において前記初期段差を覆い形成されるように実行されることを特徴とする請求項 2 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 1 3】 前記エッチャントは塩酸と酢酸とを、塩酸に比べて酢酸が 2 0 倍以下の濃度になるように含むことを特徴とする請求項 1 ～ 1 2 のうち、いずれか一項記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 1 4】 前記エッチャントは、さらに水または過酸化水素水の少なくとも一つからなる追加剤を含むことを特徴とする請求項 1 ～ 1 3 のうち、いずれか一項記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 1 5】 前記追加剤は、前記エッチャント中に過酸化水素水を、塩酸と酢酸に対して塩酸の 3 0 % 以下の濃度で追加することを特徴とする請求項 1 4 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 1 6】 前記追加剤は、水よりなることを特徴とする請求項 1 4 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 1 7】 前記追加剤は、水と過酸化水素水よりなることを特徴とする請求項 1 4 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 1 8】 選択エッチングマスクを担持し、前記選択エッチングマスクよりも低い表面領域を有し、表面に段差部を有する I n P 層に対して、塩酸と酢酸を含むエッチャントによるエッチングを行い、前記選択エッチングマスク下の領域を除き、前記 I n P 層の表面を平坦化することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 1 9】 前記 I n P 層の段差形状は、成長開始面上の初期段差部に対応して形成されることを特徴とする請求項 1 8 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 2 0】 前記選択エッチングマスクは前記初期段差部の上部に設けられることを特徴とする請求項 1 9 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 2 1】 前記選択エッチングマスクは前記 I n P 層上の段差部表面に設けられたものであることを特徴とする請求項 1 8 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 2 2】 前記選択エッチングマスクは、絶縁材料および I n P を除く化合物半導体よりなる群から選ばれることを特徴とする請求項 1 8 ～ 2 1 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 2 3】 前記選択エッチングマスクは、酸化シリコン、窒化シリコン、I n G a A s, I n G a A s P, A l G a I n P, A l G a A s, G a I n N A s のいずれかよりなることを特徴とする請求項 2 2 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 2 4】 前記エッチャントは塩酸と酢酸とを、塩酸に対して酢酸が 2 0 倍以下の濃度になるように含むことを特徴とする請求項 1 8 ～ 2 3 のうち、いずれか一項記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 2 5】 前記エッチャントは、さらに水および過酸化水素水の少なくとも一つからなる追加剤を含むことを特徴とする請求項 1 8 ～ 2 4 のうち、いずれか一項記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 2 6】 前記追加剤は、塩酸と酢酸に対して過酸化水素水を、塩酸の 3 0 % 以下の濃度で添加されることを特徴とする請求項 2 5 記載の半導体装置

の製造方法。

【請求項 2 7】 前記追加剤は、水よりなることを特徴とする請求項 2 5 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 2 8】 n 型の I n P 基板上に、n 型 I n P の第 1 の半導体層と、I n P よりもバンドギャップの小さい第 2 の半導体層と、p 型 I n P よりなる第 3 の半導体層と、I n G a A s および I n G a A s P のいずれかよりなる第 4 の半導体層とを順次積層することにより、前記第 1 ～第 4 の半導体層を含む積層半導体構造を形成する工程と、

前記積層半導体構造上に対してエッチングを行うことにより、少なくとも前記第 2 ～第 4 の半導体層を含む部分にメサストライプを形成する工程と、

前記メサストライプを形成された I n P 基板上に I n P よりなる第 5 の半導体層を、前記基板表面から測った位置がその最も低い表面部分でも前記第 4 の半導体層よりも高くなるように積層する工程と、

前記第 5 の半導体層の表面をエッチングする工程とよりなる半導体装置の製造方法において

前記第 5 の半導体層の表面をエッチングする工程は、塩酸と酢酸とを含むエッチャントを使って実行されることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 2 9】 n 型の I n P 基板上に、n 型 I n P よりなる第 1 の半導体層と、I n P よりもバンドギャップエネルギーの小さい第 2 の半導体層と、p 型 I n P よりなる第 3 の半導体層と、I n G a A s および I n G a A s P のいずれかよりなる第 4 の半導体層とを順次積層し、積層半導体構造を形成する工程と、

前記積層半導体構造に対してエッチングを行うことにより、少なくとも前記第 2 ～第 4 の半導体層を含むメサストライプを形成する工程と、

メサストライプを形成された I n P 基板上に、前記メサストライプを覆うように、I n P よりなる第 5 半導体層を、前記基板表面から測った高さがその最も低い表面部分でも第 4 の半導体層よりも高くなるように積層する工程と、

前記第 5 の半導体層の表面をエッチングする工程とよりなる半導体装置の製造方法において

前記第 5 の半導体層をエッチングする工程は、塩酸と酢酸とを含むエッチャン

トを使って実行されることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 3 0】 n 型 I n P 基板上に、n 型 I n P よりなる第 1 の半導体層と、I n P よりもバンドギャップの小さい第 2 の半導体層と、p 型 I n P よりなる第 3 の半導体層とを順次積層し、積層半導体構造を形成する工程と、

前記積層半導体構造上に保護パターンを形成し、前記保護パターンをマスクに前記積層半導体構造に対してエッチングを行い、少なくとも前記第 2 および第 3 の半導体層を含むメサストライプを形成する工程と、

前記メサストライプを形成された基板上に、p 型 I n P よりなる第 4 の半導体層を、前記基板表面から測った高さがその最も低い部分で前記第 2 の半導体層の上面よりも高く、前記第 3 の半導体層よりは低くなるように積層する工程と、

前記第 4 の半導体層をエッチングする工程と、

前記第 4 の半導体層上に n 型 I n P よりなる第 5 の半導体層を積層する工程と

前記メサストライプの形成工程でマスクとして使われた前記保護パターンをエッチングにより除去する工程と、

前記第 3 の半導体層および第 5 の半導体層上に、p 型 I n P よりなる第 6 の半導体層と I n G a A s および I n G a A s P のいずれかよりなる第 7 の半導体層とを順次積層する工程とよりなる半導体装置の製造方法において

前記第 4 の半導体層の表面をエッチングする工程は、塩酸と酢酸とを含むエッチャントを使って実行されることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 3 1】 n 型 I n P 基板上に、n 型 I n P よりなる第 1 の半導体層と、I n P よりバンドギャップの小さい第 2 の半導体層と、p 型 I n P よりなる第 3 の半導体層と、I n G a A s および I n G a A s P のいずれかよりなる第 4 の半導体層とを順次積層し、積層半導体構造を形成する工程と、

前記積層半導体構造上に保護パターンを形成し、前記保護パターンをマスクとしたエッチングにより少なくとも前記第 2 ～第 4 の半導体層を含むメサストライプを形成する工程と、

前記保護パターンをエッチングにより除去する工程と、

前記メサストライプを形成された基板上に、前記メサストライプを含むように

、p型InPよりなる第5の半導体層を、前記基板表面から測った高さがその最も低い部分で前記第2の半導体層より高く、前記第4の半導体層よりも低く積層する工程と、

前記第5の半導体層の表面をエッチングする工程と、

n型InPよりなる第6の半導体層を、前記基板表面から測った高さがその最も低い部分で前記第4の半導体層の高さよりも低くなるように積層する工程と、

前記第6の半導体層の表面をエッチングする工程と、

前記第6の半導体層上にp型InPよりなる第7の半導体層を、前記基板表面から測った高さがその最も低い部分で前記第4の半導体層の高さよりも高くなるように積層する工程と、

前記第7の半導体層の表面をエッチングする工程とよりなる半導体装置の製造方法において

前記第5、第6および第7の半導体層の表面をエッチングする工程は、塩酸と酢酸とを含むエッチャントを使って実行されることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項32】 n型InP基板上に、n型InPよりなる第1の半導体層と、InPよりバンドギャップエネルギーの小さい第2の半導体層と、p型InPよりなる第3の半導体層と、InGaAsおよびInGaAsPのいずれかよりなる第4の半導体層とを順次積層し、半導体積層構造を形成する工程と、

前記半導体積層構造上に保護パターンを形成し、前記保護パターンをマスクに前記半導体積層構造をエッチングすることにより、少なくとも前記第2～第4の半導体層を含むメサストライプを形成する工程と、

前記保護パターンをエッチングにより除去する工程と、

前記メサストライプを形成された基板上に、前記メサストライプを含むように、p型InPよりなる第5の半導体層を、前記基板表面から測った高さがその最も低い部分でも前記第2の半導体層よりも高く、前記第4の半導体層よりは低くなるように積層する工程と、

前記第5の半導体層の表面をエッチングする工程と、

前記第5の半導体層上にn型InPよりなる第6の半導体層とp型InPより

なる第 7 の半導体層とを順次積層する工程と、

前記第 7 の半導体表面をエッチングする工程と、

第 4 の半導体をエッチングにより除去する工程と、

p 型 InP よりなる第 8 の半導体層と、InGaAs および InGaAsP のいずれかよりなる第 9 の半導体層とを順次積層する工程を含む半導体装置の製造方法において、

前記第 5 の半導体層をエッチングする工程と前記第 7 の半導体をエッチングする工程とは、塩酸と酢酸とを含むエッチャントを使って実行されることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 3 3】 n 型 InP 基板上に、n 型 InP よりなる第 1 の半導体層と、InP よりもバンドギャップの小さい第 2 の半導体層と、p 型 InP よりなる第 3 の半導体層と、InGaAs および InGaAsP のいずれかよりなる第 4 の半導体層とを順次積層し、積層半導体構造を形成する工程と、

前記積層半導体構造をエッチングすることにより、少なくとも前記第 2 ～第 4 の半導体層を含むメサストライプを形成する工程と、

前記メサストライプを形成された基板上に、前記メサストライプを含むように p 型 InP よりなる第 5 の半導体層を、前記メサストライプと接する部分で前記第 2 の半導体層より高く、前記第 4 の半導体層よりも低く積層する工程と、

前記第 5 の半導体層上に p 型 InP よりなる第 6 の半導体層を積層する工程と

前記第 6 の半導体層の表面をエッチングする工程とよりなる半導体装置の製造方法において、

前記第 6 の半導体層の表面をエッチングする工程は、塩酸と酢酸とを含むエッチャントを使って実行されることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 3 4】 n 型 InP 基板上に、n 型 InP よりなる第 1 の半導体層と、InP よりバンドギャップの小さい第 2 の半導体層と、p 型 InP よりなる第 3 の半導体層と、InGaAs および InGaAsP のいずれかよりなる第 4 の半導体層とを順次積層し、積層半導体構造を形成する工程と、

前記積層半導体構造上に保護パターンを形成し、前記保護パターンをマスクに

前記積層半導体構造をエッチングすることにより、前記第 3 半導体層および第 4 の半導体層を含むメサストライプを形成する工程と、

前記保護層をエッチングにより除去する工程と、

前記メサストライプを形成された基板上に、n 型 I n P よりなる第 5 の半導体層を、前記基板表面から測った高さがその最も低い部分で第 4 半導体層よりも低くなるように積層する工程と、

前記第 5 の半導体層の表面をエッチングする工程と、

前記第 5 の半導体層上に p 型 I n P 層の第 6 半導体層を、前記基板表面から測った高さがその最も低い部分でも前記第 4 の半導体層よりも高くなるように積層する工程と、

前記第 6 の半導体層の表面をエッチングする工程とよりなる半導体装置の製造方法において

前記第 5 および第 6 の半導体層をエッチングする工程は、塩酸と酢酸とを含むエッチャントを使って実行されることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 3 5】 n 型 I n P 基板上に、n 型 I n P よりなる第 1 の半導体層と、I n P よりバンドギャップの小さい第 2 の半導体層と、p 型 I n P よりなる第 3 の半導体層と、I n G a A s および I n G a A s P のいずれかよりなる第 4 の半導体層とを順次積層して積層半導体構造を形成する工程と、

前記積層半導体構造をエッチングすることにより、前記第 3 の半導体層と第 4 の半導体層とを含むメサストライプを形成する工程と、

前記メサストライプを形成された基板上に、n 型 I n P よりなる第 5 の半導体層を、前記基板表面から測った高さがその最も高い部分でも前記第 4 の半導体層よりも低くなるように積層する工程と、

前記第 5 の半導体の表面をエッチングする工程と、

前記第 5 の半導体層上に p 型 I n P よりなる第 6 の半導体層を、前記基板表面から測った高さがその最も低い部分でも前記第 4 の半導体層よりも高くなるように積層する工程と、

前記第 6 半導体表面をエッチングする工程とよりなる半導体装置の製造方法において

前記第5および第6の半導体の表面をエッチングする工程は、塩酸と酢酸を含むエッチャントを使って実行されることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項36】 InP基板上にInPよりなる第1の半導体層と、これより屈折率の大きい第2の半導体層と、InPよりなる第3の半導体層とをこの順序で積層し、積層半導体構造を形成する工程と、

前記積層半導体構造上に保護パターンを形成し、前記保護パターンをマスクとした前記積層半導体構造のエッチングにより、少なくとも前記第2および第3の半導体層を含むメサパターンを形成する工程と、

前記メサパターンを形成された前記InP基板上に、InPよりなる第4の半導体層を、前記メサパターンが前記保護パターンを担持した状態で積層する工程と、

前記第4の半導体層の表面を、前記メサパターンが前記保護パターンを担持した状態でエッチングする工程と、

前記保護パターンを除去する工程と、

InPよりなる第5の半導体層を積層する工程とよりなる光導波路の製造方法において

前記第4の半導体層の表面をエッチングする工程は、塩酸と酢酸を含むエッチャントにより実行されることを特徴とする光導波路の製造方法。

【請求項37】 InP基板上に、InPよりなる第1の半導体層と、InPより屈折率の大きい第2の半導体層と、InPよりなる第3の半導体層と、InGaAsまたはInGaAsPのいずれかよりなる第4の半導体層とを順次積層し、積層半導体構造を形成する工程と、

前記積層半導体構造をエッチングすることにより、少なくとも前記第2～第4の半導体層を含むメサパターンを形成する工程と、

前記メサパターンを形成された基板上に、InPよりなる第5の半導体層を、前記メサパターンを覆うように積層する工程と、

前記第5の半導体層の表面をエッチングする工程とよりなる光導波路の製造方法において

前記第5の半導体層の表面エッチングする工程は、塩酸と酢酸を含むエンチャ

ントにより実行されることを特徴とする光導波路の製造方法。

【請求項 3 8】 I n P 基板上に選択成長マスクを形成する工程と、

前記選択成長マスクを形成された I n P 基板上に、気相堆積工程により、I n P よりなる第 1 の半導体層と、I n P よりバンドギャップの小さい第 2 の半導体層と、I n P よりなる第 3 の半導体層とを順次積層して積層半導体パターンを形成する工程と、

前記第 3 半導体層の表面をエッチングする工程とよりなる半導体装置の製造方法において

第 3 の半導体層の表面をエッチングする工程は、塩酸と酢酸を含むエッチャントにより実行されることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 3 9】 I n P 基板上に選択成長マスクを形成する工程と、

前記 I n P 基板表面のうち、前記選択成長マスクで被覆しない領域をエッチングし、溝を形成する工程と、

前記基板上に、前記選択成長マスクを形成した状態で、I n P よりなる第 1 の半導体層と、I n P よりバンドギャップの小さい第 2 の半導体層と、I n P よりなる第 3 の半導体層を順次積層して積層半導体構造を形成する工程と、

前記選択成長マスクを除去する工程と、

前記第 3 の半導体層の表面をエッチングする工程とよりなる半導体装置の製造方法において

第 3 半導体の表面をエッチングする工程は、塩酸と酢酸を含むエッチャントを使って実行されることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 4 0】 I n P 基板上に、I n P よりなる第 1 の半導体層と、I n P よりバンドギャップの小さい第 2 の半導体層と、I n P よりなる第 3 の半導体層とを順次積層して第 1 の積層半導体構造を形成する工程と、

前記第 1 の積層半導体構造上に第 1 の保護パターンを形成し、前記第 1 の保護パターンをマスクに前記第 1 の積層半導体構造をエッチングすることにより、少なくとも前記第 2 および第 3 の半導体層を含む第 1 のメサストライプを形成する工程と、

前記第 1 のメサストライプを形成された基板上に高抵抗 I n P よりなる第 4 の

半導体層を、前記第 1 のメサストライプ上に前記第 1 の保護パターンを残した状態で積層する工程と、

前記第 4 の半導体層の表面をエッチングする工程と、

前記第 1 の保護パターンを除去する工程と、

前記第 4 の半導体層上に、I n P よりなる第 5 の半導体層と、I n P よりバンドギャップの小さい第 6 の半導体層と、I n P よりなる第 7 の半導体層とを順次積層し、第 2 の積層半導体構造を形成する工程と、

前記第 2 の積層半導体構造上に第 2 の保護パターンを形成し、前記積層半導体構造を前記第 1 の保護パターンをマスクにエッチングすることにより、少なくとも前記第 6 の半導体層および第 7 の半導体層を含む第 2 のメサストライプを形成する工程と、

前記第 2 のメサストライプが形成された基板上に I n P よりなる第 8 の半導体層を、前記第 2 のメサストライプ上に前記第 2 の保護パターンを残した状態で積層する工程と、

前記第 8 半導体表面をエッチングする工程と、

前記第 2 の保護層をエッチングにより除去する工程とをよりなる多層光導波路の製造方法において

前記第 4 および第 8 の半導体の表面をエッチングする工程は、塩酸と酢酸を含むエッチャントを使って実行されることを特徴とする多層光導波路の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は一般に化合物半導体装置に係り、特に光通信や光情報処理に用いられる光半導体素子の製造方法に関する。

【0 0 0 2】

化合物半導体は光と相互作用する直接遷移型のバンド構造を有し、このため化合物半導体を使った光半導体装置は、光通信や光情報処理の分野において広く使われている。特に I n P 系の化合物半導体装置、特にレーザダイオードは、光ファイバ中を伝送される 1. 3 あるいは 1. 5 5 μ m 帯の波長の光信号を形成する

ことができるため重要である。

【0003】

【従来の技術】

かかるレーザダイオードでは、レーザ発振効率を向上させるために、注入されたキャリアを軸方向の限られた領域に閉じ込める電流狭搾構造を設けることが必須である。さらにレーザダイオードでは誘導放出によりレーザ発振が生じるため、かかるキャリアを閉じ込めた領域に、光をも効率的に閉じ込める必要がある。

InP系のレーザダイオードでは、光を導波するInGaAsPコアとInP埋込層との屈折率差によって、水平方向の光閉じ込めを実現する。

【0004】

図1(A)～(D)は、電流および光狭窄構造として埋込ヘテロ構造(BH構造)を有するレーザダイオード10の製造工程を示す。

【0005】

図1(A)を参照するに、n型InP基板11上にはInGaAs層とInGaAsP層とを繰り返して積層した多重量子井戸層12が形成され、さらに前記多重量子井戸層12上にはp型InPクラッド層13とp型InGaAsコンタクト層14とが順次形成される。

【0006】

次に図1(B)の工程において前記コンタクト層14上にSiO₂膜15をエッチング保護膜として形成し、さらにかかる構造に対してドライエッチングを行うことにより、活性層メサストライプを形成する。図示の例では、前記メサストライプは<011>方向に延在している。

【0007】

次に図1(C)の工程において前記SiO₂膜15を選択成長マスクとして使い、Feドープした高抵抗InP埋込層16A、16Bを有機金属気相成長(MOVPE; Metal Organic Vapor Phase Epitaxy)法により、前記メサストライプの両側に結晶成長する。かかるInP埋込層16A、16Bの再成長工程においては成長停止面である(111)B面が発達し、その結果マスク縁において埋込層が符号16aあるいは16bで示すように盛り上がる成長形状が得られる。

【0008】

最後に図1 (D) の工程において前記 SiO_2 膜15が除去され、前記コンタクト層14上にp側電極17が、基板11の下面にn側電極18が形成される。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

このように、 SiO_2 膜15を選択成長マスクとしたInP層16A、16Bの埋込成長では、先にも説明したように、前記 SiO_2 膜15の縁に対応する領域16a、16bにおいてInP層16Aおよび16Bが盛り上がるのが避けられない。この原因は、前記 SiO_2 マスク15上で結晶成長が生じないことに起因して SiO_2 膜15上において原料濃度が局所的に増加し、前記メサ領域の両側で成長しているInP層16Aあるいは16Bの表面に原料が過剰供給される為である。例えば図1 (C) の工程において、メサストライプの高さを約1.5 μm とした場合、マスク縁の領域16a、16bにおいて前記InP埋込層16A、16Bは約0.7 μm の高さ程度盛り上がる。

【0010】

先に説明したように図1 (D) の工程ではp側電極17かかる段差表面上に形成することになるが、前記p側電極17をTi膜、Pt膜およびAu膜のスパッタリングにより順次形成した場合、Ti膜およびPt膜はそれぞれ0.1 μm 程度の厚さしかないので、図2に示したように、下地形状の段差を反映して凹凸部分17aで電極層が途切れる問題が生じる。かかる電極の途切れが生じると電流注入が不均一なり、デバイスの電氣的劣化を引き起こす。

【0011】

また近年、レーザダイオードと導波路、受光素子および光機能素子を素子内で集積化した光集積回路素子が重要な光半導体デバイスとして注目されているが、かかる光集積回路素子では、メサストライプが<011>以外の方向に延在したり、ストライプに分岐点が存在したりする場合がある。図1 (C) のように<011>方向のストライプの埋込成長を行うと、(111) B面が成長停止面として発達するが、一方で、かかる光集積回路素子の埋込成長では特定の成長停止面が無いことに起因して、図3 (A) ~ (C) に示すように、埋込層が SiO_2 マ

スク膜上に延在するオーバーハングが生じることがある。ただし図 3 (A) はかかる光導波路の斜視図を、図 3 (B) は断面図を、さらに図 3 (C) は部分拡大図を示す。

【 0 0 1 2 】

図 3 (A) ~ (C) を参照するに、InP 基板 2 1 上には前記基板 2 1 を露出する開口部を有する SiO₂ パターン 2 2 が形成されており、さらにかかる SiO₂ パターン 2 2 をマスクに、前記露出された InP 基板 2 1 の表面上に InP 埋込層 2 3 が再成長により形成されている。その際、前記 InP 埋込層 2 3 は先の (1 1 1) B 面のような成長停止面が存在しないため、図 3 (C) の拡大図に示すように前記 SiO₂ パターン 2 2 中の開口部を超えて側方に成長し、その結果オーバーハング部 2 3 A が形成される。

【 0 0 1 3 】

図 3 (A) ~ (C) の構成において、SiO₂ マスク 2 2 を除去後に再び InP 層 2 4 を成長すると、前記オーバーハング部 2 3 A 直下の部分に原料ガスが到達せず、その結果図 4 に示すように空洞 2 3 B が生じてしまうことがある。このような空洞 2 3 B は InP 層 2 3 と屈折率が極端に異なるので、前記導波路中を導波される光を散乱し、光損失を生じる。

【 0 0 1 4 】

図 5 (A) ~ (D) は、基板 3 1 上においてメサストライプ 3 1 M が $\langle 0 1 1 \rangle$ 方向以外の方向に延在しているレーザダイオードにおいて、前記メサストライプ 3 1 M の両側に InP 埋込層 3 2 A, 3 2 B を、前記メサストライプ 3 1 M 上に形成された SiO₂ 膜 3 3 を選択成長マスクとして成長させる場合の問題点を説明する図である。

【 0 0 1 5 】

図 5 (A) の例では前記メサストライプ 3 1 M は $\langle 0 1 1 \rangle$ 方向から $\langle 0 1 0 \rangle$ 方向に 10° オフセットした方向に延在しており、図 5 (B) の拡大図に示すように前記 InP 埋込層 3 2 A, 3 2 B は成長停止面が存在しないため前記 SiO₂ マスク 3 3 上にまでせり出し、オーバーハングを形成している。

【 0 0 1 6 】

かかる構造において前記 SiO_2 マスク 3 3 をエッチングにより除去し、さらに図 5 (C) に示すように InP 層 3 4 を前記 InP 埋込層 3 2 A, 3 2 B およびメサストライプ 3 1 M を覆うように堆積した場合には、図 5 (D) に示すように前記 InP 埋込層 3 2 A, 3 2 B のオーバーハング直下の領域に気相原料が十分に供給されず、空洞 3 2 a, 3 2 b が形成されることがある。

【 0 0 1 7 】

そこで本発明は上記の課題を解決した、新規で有用な半導体装置の製造方法を提供することを概括的課題とする。

【 0 0 1 8 】

本発明のより具体的な課題は、段差形状を有する InP 層を、成長後に平坦化することのできる半導体装置の製造方法を提供することにある。

【 0 0 1 9 】

【課題を解決するための手段】

本発明は上記の課題を、

請求項 1 に記載したように、

成長開始面上に InP 層を、前記 InP 層が段差形状を有するように成長する工程と、

前記 InP 層に対して塩酸と酢酸とを含むエッチャントを使ったウェットエッチングを行い、前記 InP 層の表面を平坦化する工程とを含むことを特徴とする半導体装置の製造方法により、または

請求項 2 に記載したように、

前記成長工程は、前記段差形状が前記成長開始面の初期段差に対応して生じるように実行されることを特徴とする請求項 1 記載の半導体装置の製造方法により、または

請求項 3 に記載したように、

前記成長開始面の初期段差はメサ形状であることを特徴とする請求項 2 記載の半導体装置の製造方法により、または

請求項 4 に記載したように、

前記成長開始面の初期段差は、ステップ形状であることを特徴とする請求項 2

記載の半導体装置の製造方法により、または

請求項 5 に記載したように、

前記成長開始面は平坦面で部分的に選択成長マスクを有し、前記段差形状は前記選択成長マスクに対応して形成されることを特徴とする請求項 1 記載の半導体装置の製造方法により、または

請求項 6 に記載したように、

前記平坦化工程は、前記 I n P 層が前記平坦化工程の結果、(1 0 0) 面および (0 1 1) 面および (0 - 1 - 1) 面のいずれかよりなる平坦化面を有するように実行されることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のうち、いずれか一項記載の半導体装置の製造方法により、または

請求項 7 に記載したように、

前記平坦化工程は、前記 I n P 層が前記平坦化工程の結果、前記平坦化工程前に比べて (1 0 0) 面および (0 1 1) 面および (0 - 1 - 1) 面のいずれかにより近づいた面よりなる平坦化面を有するように実行されることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のうち、いずれか一項記載の半導体装置の製造方法により、または

請求項 8 に記載したように、

前記成長工程は、前記成長開始面の最も高い位置よりも低い I n P 層表面を有するように実行され、前記平坦化工程は、前記 I n P 層が前記平坦化工程の後、前記基板表面から測って前記 I n P 層の最も低い位置に対応した高さの平坦化面を有するように実行されることを特徴とする請求項 1 ~ 7 のうち、いずれか一項記載の半導体装置の製造方法により、または

請求項 9 に記載したように、

前記成長工程は、前記成長開始面の最も高い位置と同等か、それ以上高い I n P 層表面を有するように実行され、前記平坦化工程は、前記 I n P 層が前記平坦化工程の後、前記基板表面から測って前記成長開始面の最も高い位置に対応した高さ以上の平坦化面を有するように実行されることを特徴とする請求項 1 ~ 7 のうち、いずれか一項記載の半導体装置の製造方法により、または

請求項 1 0 に記載したように、

前記成長開始面は、前記初期段差の一部に選択成長マスクを有し、前記 I n P

層を成長する工程は、前記 I n P 層の段差形状が、選択成長マスクの縁に対応して形成されるように実行されることを特徴とする請求項 2 記載の半導体装置の製造方法により、または

請求項 1 1 に記載したように、

前記 I n P 層を成長する工程は、前記 I n P 層の段差形状が、前記成長開始面上において前記初期段差の側面に沿ってスロープ領域を形成するように実行されることを特徴とする請求項 2 記載の半導体装置の製造方法により、または

請求項 1 2 に記載したように、

前記 I n P 層を成長する工程は、前記 I n P 層の段差形状が、前記 I n P 層が前記成長開始面上において前記初期段差を覆い形成されるように実行されることを特徴とする請求項 2 記載の半導体装置の製造方法により、または

請求項 1 3 に記載したように、

前記エッチャントは塩酸と酢酸とを、塩酸に比べて酢酸が 2 0 倍以下の濃度になるように含むことを特徴とする請求項 1 ~ 1 2 のうち、いずれか一項記載の半導体装置の製造方法により、または

請求項 1 4 に記載したように、

前記エッチャントは、さらに水または過酸化水素水の少なくとも一つからなる追加剤を含むことを特徴とする請求項 1 ~ 1 3 のうち、いずれか一項記載の半導体装置の製造方法により、または

請求項 1 5 に記載したように、

前記追加剤は、前記エッチャント中に過酸化水素水を、塩酸と酢酸に対して塩酸の 3 0 % 以下の濃度で追加することを特徴とする請求項 1 4 記載の半導体装置の製造方法により、または

請求項 1 6 に記載したように、

前記追加剤は、水よりなることを特徴とする請求項 1 4 記載の半導体装置の製造方法により、または

請求項 1 7 に記載したように、

前記追加剤は、水と過酸化水素水よりなることを特徴とする請求項 1 4 記載の半導体装置の製造方法により、または

請求項 18 に記載したように、

選択エッチングマスクを担持し、前記選択エッチングマスクよりも低い表面領域を有し、表面に段差部を有する InP 層に対して、塩酸と酢酸を含むエッチャントによるエッチングを行い、前記選択エッチングマスク下の領域を除き、前記 InP 層の表面を平坦化することを特徴とする半導体装置の製造方法により、または

請求項 19 に記載したように、

前記 InP 層の段差形状は、成長開始面上の初期段差部に対応して形成されることを特徴とする請求項 18 記載の半導体装置の製造方法により、または

請求項 20 に記載したように、

前記選択エッチングマスクは前記初期段差部の上部に設けられることを特徴とする請求項 19 記載の半導体装置の製造方法により、または

請求項 21 に記載したように、

前記選択エッチングマスクは前記 InP 層上の段差部表面に設けられたものであることを特徴とする請求項 18 記載の半導体装置の製造方法により、または

請求項 22 に記載したように、

前記選択エッチングマスクは、絶縁材料および InP を除く化合物半導体よりなる群から選ばれることを特徴とする請求項 18～21 記載の半導体装置の製造方法により、または

請求項 23 に記載したように、

前記選択エッチングマスクは、酸化シリコン、窒化シリコン、InGaAs、InGaAsP、AlGaInP、AlGaAs、GaInNAs のいずれかよりなることを特徴とする請求項 22 記載の半導体装置の製造方法により、または

請求項 24 に記載したように、

前記エッチャントは塩酸と酢酸とを、塩酸に対して酢酸が 20 倍以下の濃度になるように含むことを特徴とする請求項 18～23 のうち、いずれか一項記載の半導体装置の製造方法により、または

請求項 25 に記載したように、

前記エッチャントは、さらに水および過酸化水素水の少なくとも一つからなる

追加剤を含むことを特徴とする請求項 1 8 ～ 2 4 のうち、いずれか一項記載の半導体装置の製造方法により、または

請求項 2 6 に記載したように

前記追加剤は、塩酸と酢酸に対して過酸化水素水を、塩酸の 3 0 % 以下の濃度で添加されることを特徴とする請求項 2 5 記載の半導体装置の製造方法により、または

請求項 2 7 に記載したように、

前記追加剤は、水よりなることを特徴とする請求項 2 5 記載の半導体装置の製造方法により、または

請求項 2 8 に記載したように、

n 型の In P 基板上に、n 型 In P の第 1 の半導体層と、In P よりもバンドギャップの小さい第 2 の半導体層と、p 型 In P よりなる第 3 の半導体層と、In Ga As および In Ga As P のいずれかよりなる第 4 の半導体層とを順次積層することにより、前記第 1 ～ 第 4 の半導体層を含む積層半導体構造を形成する工程と、

前記積層半導体構造上に対してエッチングを行うことにより、少なくとも前記第 2 ～ 第 4 の半導体層を含む部分にメサストライプを形成する工程と、

前記メサストライプを形成された In P 基板上に In P よりなる第 5 の半導体層を、前記基板表面から測った位置がその最も低い表面部分でも前記第 4 の半導体層よりも高くなるように積層する工程と、

前記第 5 の半導体層の表面をエッチングする工程とよりなる半導体装置の製造方法において

前記第 5 の半導体層の表面をエッチングする工程は、塩酸と酢酸とを含むエッチャントを使って実行されることを特徴とする半導体装置の製造方法により、または

請求項 2 9 に記載したように、

n 型の In P 基板上に、n 型 In P よりなる第 1 の半導体層と、In P よりもバンドギャップエネルギーの小さい第 2 の半導体層と、p 型 In P よりなる第 3 の半導体層と、In Ga As および In Ga As P のいずれかよりなる第 4 の半

導体層とを順次積層し、積層半導体構造を形成する工程と、

前記積層半導体構造に対してエッチングを行うことにより、少なくとも前記第2～第4の半導体層を含むメサストライプを形成する工程と、

メサストライプを形成されたInP基板上に、前記メサストライプを覆うように、InPよりなる第5半導体層を、前記基板表面から測った高さがその最も低い表面部分でも第4の半導体層よりも高くなるように積層する工程と、

前記第5の半導体層の表面をエッチングする工程とよりなる半導体装置の製造方法において

前記第5の半導体層をエッチングする工程は、塩酸と酢酸とを含むエッチャントを使って実行されることを特徴とする半導体装置の製造方法により、または請求項30に記載したように、

n型InP基板上に、n型InPよりなる第1の半導体層と、InPよりもバンドギャップの小さい第2の半導体層と、p型InPよりなる第3の半導体層とを順次積層し、積層半導体構造を形成する工程と、

前記積層半導体構造上に保護パターンを形成し、前記保護パターンをマスクに前記積層半導体構造に対してエッチングを行い、少なくとも前記第2および第3の半導体層を含むメサストライプを形成する工程と、

前記メサストライプを形成された基板上に、p型InPよりなる第4の半導体層を、前記基板表面から測った高さがその最も低い部分で前記第2の半導体層よりも高く、前記第3の半導体層の上面よりは低くなるように積層する工程と、

前記第4の半導体層をエッチングする工程と、

前記第4の半導体層上にn型InPよりなる第5の半導体層を積層する工程と

前記メサストライプの形成工程でマスクとして使われた前記保護パターンをエッチングにより除去する工程と、

前記第3の半導体層および第5の半導体層上に、p型InPよりなる第6の半導体層とInGaAsおよびInGaAsPのいずれかよりなる第7の半導体層とを順次積層する工程とよりなる半導体装置の製造方法において

前記第4の半導体層の表面をエッチングする工程は、塩酸と酢酸とを含むエッ

チャントを使って実行されることを特徴とする半導体装置の製造方法により、または

請求項 31 に記載したように、

n 型 InP 基板上に、n 型 InP よりなる第 1 の半導体層と、InP よりバンドギャップの小さい第 2 の半導体層と、p 型 InP よりなる第 3 の半導体層と、InGaAs および InGaAsP のいずれかよりなる第 4 の半導体層とを順次積層し、積層半導体構造を形成する工程と、

前記積層半導体構造上に保護パターンを形成し、前記保護パターンをマスクとしたエッチングにより少なくとも前記第 2 ～第 4 の半導体層を含むメサストライプを形成する工程と、

前記保護パターンをエッチングにより除去する工程と、

前記メサストライプを形成された基板上に、前記メサストライプを含むように、p 型 InP よりなる第 5 の半導体層を、前記基板表面から測った高さがその最も低い部分で前記第 2 の半導体層より高く、前記第 4 の半導体層よりも低く積層する工程と、

前記第 5 の半導体層の表面をエッチングする工程と、

n 型 InP よりなる第 6 の半導体層を、前記基板表面から測った高さがその最も低い部分で前記第 4 の半導体層の高さよりも低くなるように積層する工程と、

前記第 6 の半導体層の表面をエッチングする工程と、

前記第 6 の半導体層上に p 型 InP よりなる第 7 の半導体層を、前記基板表面から測った高さがその最も低い部分で前記第 4 の半導体層の高さよりも高くなるように積層する工程と、

前記第 7 の半導体層の表面をエッチングする工程とよりなる半導体装置の製造方法において

前記第 5、第 6 および第 7 の半導体層の表面をエッチングする工程は、塩酸と酢酸とを含むエッチャントを使って実行されることを特徴とする半導体装置の製造方法により、または

請求項 32 に記載したように、

n 型 InP 基板上に、n 型 InP よりなる第 1 の半導体層と、InP よりバン

ドギャップエネルギーの小さい第2の半導体層と、p型InPよりなる第3の半導体層と、InGaAsおよびInGaAsPのいずれかよりなる第4の半導体層とを順次積層し、半導体積層構造を形成する工程と、

前記半導体積層構造上に保護パターンを形成し、前記保護パターンをマスクに前記半導体積層構造をエッチングすることにより、少なくとも前記第2～第4の半導体層を含むメサストライプを形成する工程と、

前記保護パターンをエッチングにより除去する工程と、

前記メサストライプを形成された基板の上に、前記メサストライプを含むように、p型InPよりなる第5の半導体層を、前記基板表面から測った高さがその最も低い部分でも前記第2の半導体層よりも高く、前記第4の半導体層よりは低くなるように積層する工程と、

前記第5の半導体層の表面をエッチングする工程と、

前記第5の半導体層上にn型InPよりなる第6の半導体層とp型InPよりなる第7の半導体層とを順次積層する工程と、

前記第7の半導体表面をエッチングする工程と、

第4の半導体をエッチングにより除去する工程と、

p型InPよりなる第8の半導体層と、InGaAsおよびInGaAsPのいずれかよりなる第9の半導体層とを順次積層する工程を含む半導体装置の製造方法において、

前記第5の半導体層をエッチングする工程と前記第7の半導体をエッチングする工程とは、塩酸と酢酸とを含むエッチャントを使って実行されることを特徴とする半導体装置の製造方法により、または

請求項33に記載したように、

n型InP基板上に、n型InPよりなる第1の半導体層と、InPよりもバンドギャップの小さい第2の半導体層と、p型InPよりなる第3の半導体層と、InGaAsおよびInGaAsPのいずれかよりなる第4の半導体層とを順次積層し、積層半導体構造を形成する工程と、

前記積層半導体構造をエッチングすることにより、少なくとも前記第2～第4の半導体層を含むメサストライプを形成する工程と、

前記メサストライプを形成された基板上に、前記メサストライプを含むように p 型 I n P よりなる第 5 の半導体層を、前記メサストライプと接する部分で前記第 2 の半導体層より高く、前記第 4 の半導体層よりも低く積層する工程と、

前記第 5 の半導体層上に p 型 I n P よりなる第 6 の半導体層を積層する工程と、

前記第 6 の半導体層の表面をエッチングする工程とよりなる半導体装置の製造方法において、

前記第 6 の半導体層の表面をエッチングする工程は、塩酸と酢酸とを含むエッチャントを使って実行されることを特徴とする半導体装置の製造方法により、または

請求項 3 4 に記載したように、

n 型 I n P 基板上に、n 型 I n P よりなる第 1 の半導体層と、I n P よりバンドギャップの小さい第 2 の半導体層と、p 型 I n P よりなる第 3 の半導体層と、I n G a A s および I n G a A s P のいずれかよりなる第 4 の半導体層とを順次積層し、積層半導体構造を形成する工程と、

前記積層半導体構造上に保護パターンを形成し、前記保護パターンをマスクに前記積層半導体構造をエッチングすることにより、前記第 3 半導体層および第 4 の半導体層を含むメサストライプを形成する工程と、

前記保護層をエッチングにより除去する工程と、

前記メサストライプを形成された基板上に、n 型 I n P よりなる第 5 の半導体層を、前記基板表面から測った高さがその最も低い部分で第 4 半導体層よりも低くなるように積層する工程と、

前記第 5 の半導体層の表面をエッチングする工程と、

前記第 5 の半導体層上に p 型 I n P 層の第 6 半導体層を、前記基板表面から測った高さがその最も低い部分でも前記第 4 の半導体層よりも高くなるように積層する工程と、

前記第 6 の半導体層の表面をエッチングする工程とよりなる半導体装置の製造方法において

前記第 5 および第 6 の半導体層をエッチングする工程は、塩酸と酢酸とを含む

エッチャントを使って実行されることを特徴とする半導体装置の製造方法により、または

請求項 35 に記載したように、

n 型 InP 基板上に、n 型 InP よりなる第 1 の半導体層と、InP よりバンドギャップの小さい第 2 の半導体層と、p 型 InP よりなる第 3 の半導体層と、InGaAs および InGaAsP のいずれかよりなる第 4 の半導体層とを順次積層して積層半導体構造を形成する工程と、

前記積層半導体構造をエッチングすることにより、前記第 3 の半導体層と第 4 の半導体層とを含むメサストライプを形成する工程と、

前記メサストライプを形成された基板上に、n 型 InP よりなる第 5 の半導体層を、前記基板表面から測った高さがその最も高い部分でも前記第 4 の半導体層よりも低くなるように積層する工程と、

前記第 5 の半導体の表面をエッチングする工程と、

前記第 5 の半導体層上に p 型 InP よりなる第 6 の半導体層を、前記基板表面から測った高さがその最も低い部分でも前記第 4 の半導体層よりも高くなるように積層する工程と、

前記第 6 半導体表面をエッチングする工程とよりなる半導体装置の製造方法において

前記第 5 および第 6 の半導体の表面をエッチングする工程は、塩酸と酢酸を含むエッチャントを使って実行されることを特徴とする半導体装置の製造方法により、または

請求項 36 に記載したように、

InP 基板上に、n 型 InP よりなる第 1 の半導体層と、これより屈折率の大きい第 2 の半導体層と、p 型 InP よりなる第 3 の半導体層とをこの順序で積層し、積層半導体構造を形成する工程と、

前記積層半導体構造上に保護パターンを形成し、前記保護パターンをマスクとした前記積層半導体構造のエッチングにより、少なくとも前記第 2 および第 3 の半導体層を含むメサパターンを形成する工程と、

前記メサパターンを形成された前記 InP 基板上に、InP よりなる第 4 の半

導体層を、前記メサパターンが前記保護パターンを担持した状態で積層する工程と、

前記第 4 の半導体層の表面を、前記メサパターンが前記保護パターンを担持した状態でエッチングする工程と、

前記保護パターンを除去する工程と、

InP よりなる第 5 の半導体層を積層する工程とよりなる光導波路の製造方法において

前記第 4 の半導体層の表面をエッチングする工程は、塩酸と酢酸を含むエッチャントにより実行されることを特徴とする光導波路の製造方法により、または請求項 3 7 に記載したように、

InP 基板上に、InP よりなる第 1 の半導体層と、InP よりバンドギャップの小さい第 2 の半導体層と、InP よりなる第 3 の半導体層と、InGaAs または InGaAsP のいずれかよりなる第 4 の半導体層とを順次積層し、積層半導体構造を形成する工程と、

前記積層半導体構造をエッチングすることにより、少なくとも前記第 2 ～第 4 の半導体層を含むメサパターンを形成する工程と、

前記メサパターンを形成された基板上に、InP よりなる第 5 の半導体層を、前記メサパターンを覆うように積層する工程と、

前記第 5 の半導体層の表面をエッチングする工程とよりなる光導波路の製造方法において

前記第 5 の半導体層の表面エッチングする工程は、塩酸と酢酸を含むエンチャントにより実行されることを特徴とする光導波路の製造方法により、または請求項 3 8 に記載したように、

InP 基板上に選択成長マスクを形成する工程と、

前記選択成長マスクを形成された InP 基板上に、気相堆積工程により、InP よりなる第 1 の半導体層と、InP より屈折率の大きい第 2 の半導体層と、InP よりなる第 3 の半導体層とを順次積層して積層半導体パターンを形成する工程と、

前記第 3 半導体層の表面をエッチングする工程とよりなる半導体装置の製造

方法において

第 3 の半導体層の表面をエッチングする工程は、塩酸と酢酸を含むエッチャントにより実行されることを特徴とする半導体装置の製造方法により、または請求項 3 9 に記載したように、

I n P 基板上に選択成長マスクを形成する工程と、

前記 I n P 基板表面のうち、前記選択成長マスクで被覆しない領域をエッチングし、溝を形成する工程と、

前記基板上に、前記選択成長マスクを形成した状態で、I n P よりなる第 1 の半導体層と、I n P よりバンドギャップの小さい第 2 の半導体層と、I n P よりなる第 3 の半導体層を順次積層して積層半導体構造を形成する工程と、

前記選択成長マスクを除去する工程と、

前記第 3 の半導体層の表面をエッチングする工程とよりなる半導体装置の製造方法において

第 3 半導体の表面をエッチングする工程は、塩酸と酢酸を含むエッチャントを使って実行されることを特徴とする半導体装置の製造方法により、または請求項 4 0 に記載したように、

I n P 基板上に、I n P よりなる第 1 の半導体層と、I n P よりバンドギャップの小さい第 2 の半導体層と、I n P よりなる第 3 の半導体層とを順次積層して第 1 の積層半導体構造を形成する工程と、

前記第 1 の積層半導体構造上に第 1 の保護パターンを形成し、前記第 1 の保護パターンをマスクに前記第 1 の積層半導体構造をエッチングすることにより、少なくとも前記第 2 および第 3 の半導体層を含む第 1 のメサストライプを形成する工程と、

前記第 1 のメサストライプを形成された基板上に I n P よりなる第 4 の半導体層を、前記第 1 のメサストライプ上に前記第 1 の保護パターンを残した状態で積層する工程と、

前記第 4 の半導体層の表面をエッチングする工程と、

前記第 1 の保護パターンを除去する工程と、

前記第 4 の半導体層上に、I n P よりなる第 5 の半導体層と、I n P よりバン

ドギャップの小さい第 6 の半導体層と、I n P よりなる第 7 の半導体層とを順次積層し、第 2 の積層半導体構造を形成する工程と、

前記第 2 の積層半導体構造上に第 2 の保護パターンを形成し、前記積層半導体構造を前記第 1 の保護パターンをマスクにエッチングすることにより、少なくとも前記第 6 の半導体層および第 7 の半導体層を含む第 2 のメサストライプを形成する工程と、

前記第 2 のメサストライプが形成された基板上に I n P よりなる第 8 の半導体層を、前記第 2 のメサストライプ上に前記第 2 の保護パターンを残した状態で積層する工程と、

前記第 8 半導体表面をエッチングする工程と、

前記第 2 の保護層をエッチングにより除去する工程とをよりなる多層光導波路の製造方法において

前記第 4 および第 8 の半導体の表面をエッチングする工程は、塩酸と酢酸を含むエッチャントを使って実行されることを特徴とする多層光導波路の製造方法により、解決する。

[作用]

本発明は I n P 結晶成長で表面に生じる段差形状を、ウェットエッチングにより平坦化することで上記問題を解決する。本発明は、特にエッチャントとして塩酸と酢酸を含む混合液を使用する。

【0020】

図 6 は本発明の発明者により行われた、塩酸：酢酸：水の混合比が 1 : 5 : 1 の混合液を使って段差のある I n P 層をエッチングする実験における、 $\langle 100 \rangle$ 方向、 $\langle 0-11 \rangle$ 方向、および $\langle 011 \rangle$ 方向のエッチング量とエッチング時間の相関を示す。

【0021】

図 6 を参照するに、 $\langle 100 \rangle$ 方向および $\langle 011 \rangle$ 方向のエッチング速度が約 $0.05 \sim 0.7 \mu\text{m}/\text{min}$ 程度であるのに対し、 $\langle 0-11 \rangle$ 方向のエッチング速度は $5 \sim 30 \mu\text{m}/\text{min}$ と約 100 倍速いことがわかる。従って前記混合液で段差形状をエッチングすると $\langle 0-11 \rangle$ 方向の段差は非常に早い速度で後

退し、結果的に(100)面、(011)面およびこれに等価な(0-1-1)面だけが発達面として残り、他の面は消失する。すなわち上記エッチング液によるウェットエッチングにより、InP層上には(100)面あるいは(011)面あるいは(0-1-1)面のみが平坦面として現れることが見出された。

【0022】

前記エッチャント中の各成分の混合比を変えると、エッチング速度の絶対値および各面方位に対する相対速度は変化する。

【0023】

図7はエッチャント中の塩酸に対する酢酸の濃度比Xを変化させた場合における、 $\langle 100 \rangle$ 方向に対する $\langle 0-11 \rangle$ 方向へのエッチング速度比を示す。すなわち図7において、前記エッチャントでは塩酸：酢酸：水の濃度比が1：X：1で表される。

【0024】

図7を参照するに、いずれの酢酸濃度範囲Xにおいても $\langle 100 \rangle$ 方向に比べ $\langle 0-11 \rangle$ 方向へのエッチング速度は30～100倍大きいことがわかる。かかるエッチング異方性は、エッチャント中における塩酸と酢酸の含有によって得られるのであり、特に塩酸と酢酸の濃度比Xが1～10の範囲において30以上のエッチング速度比が得られることがわかる。このように、前記の範囲にエッチャント中の酢酸濃度を設定することにより、本特許の目的であるInP層の顕著な平坦化効果が得られる。

【0025】

前記エッチャント中における水の濃度比が変わると、(塩酸+酢酸)濃度が変化する為に、エッチング速度の絶対値は変化するが、図5、6に示されたエッチング異方性自体は変わらず、平坦化効果には影響は生じない。

【0026】

本発明のエッチャントによるエッチング異方性は、上記のエッチャント混合液に過酸化水素水を加えても得られる。

【0027】

図8は、前記塩酸、酢酸および水よりなる混合液にさらに過酸化水素水を加え

たエッチャントにより InP の段差形状をエッチングした場合の、 $\langle 100 \rangle$ 方向に対する $\langle 0-11 \rangle$ 方向へのエッチング速度比を示す。

【0028】

図 8 を参照するに、前記エッチャントの中における塩酸と酢酸と過酸化水素水と水の組成比を $1:1:Y:1$ と表した場合、前記過酸化水素水組成 Y の値が $0 \sim 0.3$ の範囲で 30 以上の異方性が得られることがわかる。

【0029】

本発明による塩酸および酢酸を含むエッチャントを、図 9 (A) に示す SiO_2 エッチングマスクを InP の段差形状の表面に形成した構造に対して適用し、図 9 (B) に示すように平坦化を行った場合には、エッチングマスクの下ではサイドエッチングが進行しないことが見出された。

【0030】

図 9 (A) を参照するに、InP 基板 41 上には SiO_2 パターン 42 をエッチングマスクにメサストライプ 41M が $[011]$ 方向に形成されており、前記メサストライプ 41M の両側には、前記メサストライプ 41M 上の前記 SiO_2 パターン 42 を選択成長マスクに、InP 埋込層 43A, 43B が形成されている。

【0031】

図 9 (B) の工程では、前記 SiO_2 パターン 42 を再びエッチングマスクに、前記 InP 埋込層 43A, 43B を本発明の塩酸と酢酸とを含むエッチャントによりエッチングし、 (100) 面よりなる平坦化面を形成する。

【0032】

図 9 (B) の工程において、前記メサストライプ 41M の側壁面が、前記エッチャントにより選択的にエッチングを受ける InP の $(0-11)$ 面であっても、前記メサストライプ 41M 上に SiO_2 パターン 42 を形成しておく限り、メサストライプ 41M に実質的なサイドエッチングは生じることがなく、従って図 9 (B) の平坦化工程が終了しても前記メサストライプ 41M は実質的に完全に残ることが見出された。

【0033】

すなわち、本発明による塩酸と酢酸とを含むエッチャントによるInPの段差構造の平坦化工程では、InP段差構造の表面の一部をマスクで被覆することにより、この部分の段差を意図的に残し、一方でマスクにより被覆されない領域を、前記エッチャントを使ったエッチングにより、(100)面、(011)面および(0-1-1)面のいずれかとする選択的な平坦化が可能であることが見出された。

【0034】

一方、元々段差の無い(100)面あるいは(011)面あるいは(0-1-1)面上にエッチングマスクを形成し、かかる構造を本発明の混合液でエッチングしたとしても、本発明の目的である平坦化は達成されない。本発明の選択的な平坦化が有効であるためには、エッチングマスクの形成された領域に対して、マスクで被覆されない領域の少なくとも一部が低い位置に存在しなければならない。

【0035】

なお、InGaAsP、InGaAsなどGaまたはAsを含む化合物半導体層では、本発明による塩酸および酢酸を含むエッチャントによるエッチング速度が、InPに比べて非常に遅い。特にエッチャントが過酸化水素水を含む場合、これらの半導体層は実質的にエッチングされない。従って前述の選択的な平坦化の為のエッチングマスクとして、SiO₂やSiN以外にも、InGaAsPやInGaAsなどのGaあるいはAsを含む化合物半導体層を用いることができる。

【0036】

そこで、本発明のエッチャントによる上記の平坦化効果を有効に適用できる段差形状を形態すると、以下のようになる。

A. 選択成長マスクの縁に形成される段差形状の平坦化

図10(A)、(B)は、n型InP基板51上に形成されたSiO₂パターン52を選択成長マスクとしてInP層53を成長し、かかるInP層53を塩酸と酢酸とを含むエッチャントにより平坦化する場合を示す。

【0037】

かかる選択成長マスク52を使って基板上に半導体層を気相成長する場合には、マスク52上で気相原料が消費されず原料濃度が増加する為、マスク52の縁に原料が過剰に供給され、その結果、形成される半導体層の成長速度が増加する。

【0038】

図11(A), (B)は、前記InP基板51上に形成されたメサストライプ等の凸部上に前記SiO₂パターン52を形成し、かかるSiO₂パターン52を選択成長マスクに前記凸部の両側にInP埋込層53A, 53Bを成長する場合を示す。この場合には、先にも説明したように前記選択成長マスク52上における原料濃度の増加の結果、前記InP埋込層53A, 53Bは前記マスク52の両側において盛り上がる。

【0039】

そこで図11(A)の構造に対して図11(B)の工程において本発明による塩酸および酢酸を含むエッチャントを使ったウェットエッチング工程を適用し、前記InP埋込層53A, 53Bを平坦化する。図11(A), (B)の工程においては、前記選択成長マスク52をエッチングマスクとして使用しているが、図12(A), (B)に示すように、平坦化工程の前にかかる選択成長マスク52をエッチング除去しても同様な平坦化効果が達成される。

B. 成長前の段差を反映した段差形状に対する平坦化

図13(A), (B)は、段差形状を有する構造上にInP層を成長した場合に、かかるInP層表面に生じる凹凸の平坦化工程を示す。

【0040】

図13(A)を参照するに、n型InP基板61上にはメサ構造61Mが形成されており、さらに前記基板61上には前記メサ構造61Mを覆うようにInP層62が堆積されている。その結果、前記InP層62の表面には、前記メサ構造61Mに対応した凸部が形成されている。

【0041】

そこで、図13(B)に工程において、前記InP層62に対して前記塩酸と酢酸とを含むエッチャントによるウェットエッチングを行い、前記InP層62の表面を平坦化する。

C. マスクを越えない成長層表面に生じた段差形状の平坦化

図14(A), (B)は、凸部を形成された基板の上に選択成長マスクを使って埋込InP層を結晶成長する際に、前記凸部に隣接して前記埋込InP層の表面に形成されるスロープ面を本発明のウェットエッチングにより平坦化する場合を示す。かかるスロープ面は、前記埋込InP層が前記選択成長マスクの高さよりも低い位置に形成される場合に発生する。

【0042】

図14(A)を参照するに、n型InP基板71上にはSiO₂パターン72をエッチングマスクにメサ構造71Mが形成されており、さらに前記SiO₂パターン72を選択成長マスクに、前記メサ構造71Mの両側にはInP埋込層73A, 73Bが形成されている。その際、前記InP埋込層73A, 73Bは前記メサ構造71Mを超えないような高さに形成されており、前記埋込層73A, 73Bの表面には、前記選択成長マスク72上において前記埋込層73A, 73Bの選択成長の際に気相原料が過剰になることに起因して、前記メサ構造71Mから側方に下降するスロープ面が形成されている。

【0043】

図14(B)の工程では、図14(A)の構造に対して本発明による塩酸と酢酸とを含むエッチャントを使ったウェットエッチング工程を適用し、前記埋込層73A, 73Bを平坦化する。

D. エッチングマスクとなる半導体層を含む段差形状の平坦化

先にも説明したように、InGaAsPあるいはInGaAs、GaまたはAsを含む半導体は、本発明の塩酸および酢酸を含むエッチャントを使ったウェットエッチングにおけるエッチング速度がInPに比べて非常に遅い。従って、本発明のエッチャントを使ってInP層を平坦化する場合に、かかるInGaAs

PあるいはInGaAs半導体膜をエッチングマスクとして使うことも可能である。

【0044】

図15 (A) はn型InP基板81上にInGaAsPパターン82を担持するメサ構造81Mを形成し、さらにかかるメサ構造81MおよびInGaAsPパターン82を覆うようにInP埋込層83を堆積した場合を示す。

【0045】

図15 (A) の構造に対して本発明による塩酸と酢酸を含むエッチャントを使ったウェットエッチング工程を適用することにより、図15 (B) に示すように前記InGaAsPパターン82がエッチングマスクとして作用し、前記InP埋込層83を前記InGaAsPパターン82の表面に一致する表面を有するように平坦化することができる。

【0046】

あるいは図16 (A) , (B) に示すように、前記InP埋込層83を前記InGaAsPパターン82よりも下の位置までエッチングすることも可能である。

【0047】

ところでこれまでの説明では平坦化を、InP層の成長に伴い形成された段差形状に対して、前記塩酸と酢酸とを含むエッチャントを使ったウェットエッチングを適用する結果、(100)面あるいは(011)面あるいは(0-1-1)面のいずれかよりなる平面が前記InP層中に発達する事と定義してきた。しかしエッチングの初期の段階では、段差斜面から前記(100)面、(011)面あるいは(0-1-1)面に変化する途中の面方位を持つスロープ面が出現しており、前記スロープ面はエッチングの進行とともに、徐々に前記結晶面のいずれかへと変化する。従って、本発明の平坦化は、実際の半導体装置の作製工程においては、段差面が(100)面あるいは(011)面あるいは(0-1-1)面に変化させる場合のみならず、エッチングの途中段階で打ち切る場合でも有効である。すなわち本発明の平坦化は、エッチング後にInP段差面が(100)面あるいは(011)面あるいは(0-1-1)面に変化する場合のみならず、中

間的なスロープ面あるいは斜面となる場合をも含む。

【0048】

ところで、塩酸および酢酸および過酸化水素水を含むエッチャント自体は公知である。例えば特開平10-65201号公報には、塩酸と酢酸と過酸化水素水を含有するエッチャントをメサストライプ形成工程で使う例が記載されている。しかし上記公知例は、結晶成長前の凸部の側壁面を特定の斜面にそろえる為にエッチャントを使用しているものであって、本発明の効果である結晶成長に伴い形成された段差形状の平坦化に前記エッチャントが利用できることは、この公知例からは類推できない。

【0049】

また特開2000-91303号公報には、塩酸と酢酸と過酸化水素水とを含むエッチャントにより、ドライエッチングにより形成されたメサストライプの側壁面をエッチングする例が記載されている。しかし、前記公知例はドライエッチングで生じるメサ表面のダメージを除去することを目的としているので、本発明の目的とする段差形状の平坦化を類推することはできない。

【0050】

【発明の実施の形態】

〔実施例1〕

以下、図17(A)～図18(E)を参照しながら、本発明の第1実施例によるBH構造を有するレーザダイオードの製造工程を説明する。

【0051】

図17(A)を参照するに、n型InP基板101上にInGaAsP/InGaAsP多重量子井戸活性層102と、p型InPクラッド層103と、p型InGaAsコンタクト層104とを順次積層する。

【0052】

次に図17(B)の工程において、SiO₂膜105をエッチングマスクとして使い、ドライエッチングを行うことにより、活性層メサストライプ101Mを形成する。図示の例では、前記活性層メサストライプ101Mは、〈011〉方向に延在する。

【0053】

次に図17 (C) の工程において、前記 SiO_2 膜105を選択成長マスクとして、MOVPE法によりFeドープInP埋込層106₁、106₂を前記基板101上、前記メサストライプ101Mの両側に成長する。前記MOVPE工程は、例えば成長温度を630°C、成長圧力を0.1気圧に設定して実行され、III族元素、V族元素およびFeドーパントの原料としてTMIn、 PH_3 および Cp_2Fe を使用する。本実施例では前記InP埋込層106A、106Bの厚さは、前記InP埋込層106₁、106₂の最も低い部分が前記メサストライプ101M中のp型InGaAsコンタクト層104よりも高くなるように設定される。その結果、前記InP埋込層106₁、106₂には、前記メサストライプ101M上の SiO_2 膜105に隣接して、盛り上がり部106a、106bが形成される。

【0054】

次に図18 (D) の工程において、塩酸と酢酸と水の混合液よりなるエッチャントで、図17 (C) の構造をウェットエッチングする。

【0055】

図18 (D) の工程において、前記エッチャント中における塩酸と酢酸と水の混合比は1:5:1に設定し、液温2.3°Cで典型的には3分間エッチングを行う。かかるエッチングの結果、図18 (D) に示すように前記InP埋込層106A、106Bの表面は(100)面となり、前記p型InGaAs層104の高さで平坦化する。

【0056】

最後に図18 (E) の工程で図18 (D) の構造を弗化水素酸に1分間侵し、 SiO_2 膜105をエッチング除去した後、前記p型InGaAs層104上にp側電極107を、また前記基板101の下面上にn側電極108を形成する。

【0057】

本実施例では図18 (E) の工程において前記埋込層106₁、106₂は平坦面となっているので、前記p側電極107は平面上に積層され、従って先に図2で説明した電極途切れの問題は生じない。

〔実施例2〕

次に、本発明の第2実施例によるBH構造を有するレーザダイオードの製造工程を、図19(A)～(C)を参照しながら説明する。ただし、図19(A)～(C)中、先に説明した部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

【0058】

本実施例では図19(A)の工程において図17(A),(B)と同様な工程により前記InP基板101上にメサストライプ101Mを形成し、さらに前記SiO₂層105を弗化水素酸でエッチング除去する。

【0059】

次に図19(B)の工程において、図19(A)の構造上にMOVPE法によりFeドープInP埋込層106を結晶成長する。このようにして形成されたInP埋込層106は、下地の段差形状を反映してメサストライプ対応部分が盛り上がったスロープ面を有する。図19(B)の工程において、前記FeドープInP埋込層は、厚さが最も低い部分でInGaAsコンタクト層より高くなるように形成される。

【0060】

最後に図19(C)の工程において、前記塩酸と酢酸と水の混合液よりなるエッチャントにより図19(B)の構造をエッチングする。かかるエッチングの結果、前記FeドープInP埋込層106のスロープ斜面は平坦化され、(100)面により近い面が現れる。

【0061】

図19(C)の工程において前記InP埋込層106のエッチングが進行し、前記メサストライプ101Mの両側にInP埋込層106₁、106₂が形成される。前記エッチングの結果前記p型InGaAs層コンタクト層104が表面に露出すると、露出したコンタクト層104はエッチングマスク層として作用し、前記p-InGaAs層104の高さに揃った平坦な(100)面が前記InP埋込層106₁、106₂の主面として出現する。

【実施例3】

次に、本発明の第3実施例によるpn埋込構造を有するレーザダイオードの製造方法を、図20(A)～図21(F)を参照しながら説明する。

【0062】

図20(A)を参照するに、n型InP基板111上にはInGaAs/InGaAsP多重量子井戸活性層112と、p型InPクラッド層113と、SiO₂膜115とを順次積層した半導体積層構造が形成され、さらにこれをドライエッチングによりパターニングすることにより、活性層メサストライプ111Mが形成される。

【0063】

次に図20(B)の工程において前記InP基板111上、前記メサ領域111Mの両側に、MOVPE法により、p型InP層116₁および116₂を、前記SiO₂膜115を選択成長マスクとして使い、成長する。pドーピング原料としてはDMZnを使用すればよい。その際、前記p型InP層116₁、116₂の成長は、前記InP層116₁および116₂の表面のうち最も低い部分が前記InGaAsP/InGaAsP多重量子井戸層の上面よりも高く、しかもメサストライプ111M中のp-InPクラッド層113の上面より低くなるように実行される。

【0064】

次に図20(C)の工程において、塩酸と酢酸と水の混合液よりなるエッチャントを使い、図20(B)の構造をウェットエッチングする。かかるウェットエッチングの結果、前記p型InP層116₁、116₂は平坦になり、その表面は前記InP層116₁、116₂初期表面の最低領域に対応して、InGaAsP/InGaAsP多重量子井戸層112の上面よりは高く、メサストライプ111M中のp型InPクラッド層113の上面より低い位置に形成される。

【0065】

次に図21(D)の工程においてMOVPE法により、図20(C)の構造上にn型InP層117とp-InP層118とを順次結晶成長する。

【0066】

さらに図21(E)の工程において前記 SiO_2 膜115を弗化水素酸でエッチング除去し、最後に図21(F)の工程において図21(E)の構造上にp型InPクラッド層119とp型InGaAsコンタクト層120とをMOVPE法により順次成長する。

【0067】

一般にpn埋込構造では電流狭窄の為にn型InP埋込層117の位置を正確に制御しなければならない。前記n型InP埋込層117と活性層112との間隔が広い場合には、間に電流リークパスが形成され電流注入効率が低下する。一方前記n型InP埋込層117と活性層112との間隔が狭すぎる場合には、前記n型InP埋込層117と活性層下部のn型InP層111の電氣的絶縁が取れず、ここが電流リークパスとなる。これに対し本実施例の方法では、図20(B)のp型InP層116₁、116₂の初期層厚、換言すると成長時間のみで前記n型InP埋込層117の下面位置が決まるため、MOVPE法で生じる結晶成長面の指数に影響されない。成長結晶面は、MOVPE工程における成長温度、圧力等の成長条件により容易に変化するので位置制御は困難である。また前記n型InP埋込層117は(100)面を有するp型InP層116₁、116₂上に成長する為に、InP層へのn型ドーパント取り込み効率の面方位依存性の影響を受けず、全面で均一な濃度のn型InP層117が形成される。

[実施例4]

次に本発明の第4実施例によるpn埋込構造を有するレーザダイオードの製造方法を、図22(A)～図23(G)を参照しながら説明する。ただし図中、先に説明した部分に対応する部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

【0068】

図22(A)を参照するに、前記n型InP基板111上にInGaAsP/InGaAsP多重量子井戸活性層112とp型InPクラッド層113とp型InGaAsコンタクト層114とを積層し、さらに前記InGaAsコンタクト層114上に形成した SiO_2 膜105をマスクに使ったドライエッチングにより前記基板111上にメサストライプ111Mを形成する。図22(A)では

さらに前記 SiO_2 膜 1 1 5 が弗化水素酸でエッチング除去されている。

【0069】

次に図 2 2 (B) の工程において、図 2 2 (A) の構造上に MOVPE 法により p 型 InP 層 1 1 6 を結晶成長する。その際、前記 p 型 InP 層 1 1 6 表面の最も低い部分が前記 InGaAsP / InGaAsP 多重量子井戸層 1 1 2 の上面より高く、p-InGaAs コンタクト層 1 1 4 の下面よりも低くなる様に、前記 p 型 InP 層 1 1 6 の厚さを設定する。

【0070】

次に図 2 2 (C) の工程において、図 2 2 (B) の構造に塩酸と酢酸と水の混合液よりなるエッチャントを使ったウェットエッチングを適用し、前記 p 型 InP 層 1 1 6 を平坦化する。その際、平坦化された InP 層 1 1 6 の表面は、前記 InP 層 1 1 6 初期表面の最低領域に対応し、InGaAsP / InGaAsP 多重量子井戸層 1 1 2 よりは高く、p 型 InGaAs 層 1 1 4 より低い位置に位置する。図 2 2 (C) の平坦化工程の結果、前記 InP 層 1 1 6 は前記メサストライプ 1 1 1 M を隔てて InP 領域 1 1 6₁ と InP 領域 1 1 6₂ とに分かれる。

【0071】

次に図 2 2 (D) の工程において、図 2 2 (C) の構造上に MOVPE 法により、n 型 InP 埋込層 1 1 7 A を結晶成長する。その際、前記 n 型 InP 層 1 1 7 A の厚さを、前記 InP 層 1 1 7 A 表面の最も低い部分が前記 InGaAs コンタクト層 1 1 4 の下面よりも低くなる様に層厚を決める。

【0072】

次に図 2 3 (E) の工程において、塩酸と酢酸と水の混合液よりなるエッチャントを使ったウェットエッチングにより、前記 n 型 InP 埋込層 1 1 7 A をエッチングする。その結果、前記 n 型 InP 層 1 1 7 A は、表面が前記 InGaAs コンタクト層 1 1 4 よりも低い位置で平坦化する。

【0073】

次に図 2 3 (F) の工程において MOVPE 法により p 型 InP 埋込層 1 1 8 A を図 2 3 (E) の構造上に、前記 InGaAs コンタクト層 1 1 4 を覆うように成長する。

【0074】

最後に図23 (G) の工程において、図23 (F) のp型InP埋込層118 Aに対して、塩酸と酢酸と水の混合液よりなるエッチャントを使ったウェットエッチングを適用し、前記InP埋込層118 Aの上面を前記InGaAsコンタクト層114の上面に一致させる。

【0075】

本実施例によれば、図22 (B) の工程において前記p型InP埋込層116 Aの厚さを制御することにより、図22 (D) に示すように前記n型InP埋込層117 A下面の位置が制御できるだけでなく、図22 (D) の工程において前記n型InP埋込層117 Aの初期厚さを制御することにより、前記n型InP層117 A上面の位置も制御でき、電流狭窄構造を精度良く作製できる。

[実施例5]

次に、本発明の第5実施例によるpn埋込構造を有するレーザダイオードの製造方法を、図24 (A) ～図26 (G) を参照しながら説明する。ただし図中、先に説明した部分に対応する部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

【0076】

図24 (A) を参照するに、図20 (A) の工程と同様にして前記n型InP基板111上にInGaAsP/InGaAsP多重量子井戸活性層112とp型InPクラッド層113とp型InGaAsコンタクト層114とを含むメサストライプ111Mを、SiO₂膜115をマスクに使ったドライエッチングにより形成し、さらに前記SiO₂膜115を弗化水素酸でエッチング除去する。

【0077】

次に図24 (B) の工程において、図24 (A) の構造上にMOVPE法によりp型InP層116を成長する。その際、前記p型InP層116表面の最も低い部分が前記InGaAsP/InGaAsP多重量子井戸層112の上面より高く、p型InGaAsコンタクト層114の下面よりも低くなる様に、前記p型InP層116の厚さを設定する。

【0078】

次に図24 (C) の工程において、図24 (B) の構造に塩酸と酢酸と水の混合液よりなるエッチャントを使ったウェットエッチングを適用し、前記p型InP層116を平坦化する。その際、平坦化されたInP層116の表面は、前記InP層116初期表面の最低領域に対応し、InGaAsP/InGaAsP多重量子井戸層112よりは高く、p型InGaAs層114より低い位置に位置する。図24 (C) の平坦化工程の結果、前記InP層116は前記メサストライプ111Mを隔ててInP領域116₁とInP領域116₂とに分かれる。このように、図24 (A) ~図24 (C) の工程は、図22 (A) ~ (C) の工程にそれぞれ対応している。

【0079】

次に図25 (D) の工程において、図24 (C) の構図上にMOVPE法によりn型InP層117Bおよびp型InP埋込層118Bを順次成長する。その際、前記n型InP層117Bの最も低い部分が前記p型InGaAs層114の下面よりも低く、また前記p型InP層118Bの最も低い部分が前記InGaAs層114よりも高くなる様に、InP層117Bおよび118Bの厚さを設定する。

【0080】

次に図25 (E) の工程において、前記InP層118Bおよび117Bを、塩酸と酢酸と水の混合液よりなるエッチャントを使ったウェットエッチングによりエッチングする。かかるウェットエッチング工程の際、前記InGaAs層114はエッチングマスクとして作用し、前記p型InP層118Bおよびn型InP層117Bの表面が平坦化する。

【0081】

次に図25 (F) の工程において前記InGaAs層114を弗化水素酸と硝酸の混合液でエッチング除去し、最後に図26 (G) の工程において、図25 (F) の構造上にMOVPE法によりp型InPクラッド層119とp型InGaAsコンタクト層120とを順次結晶成長する。

【0082】

本実施例の方法でも、図24 (B) の工程において前記n型InP埋込層11

6の厚さを制御することで、前記n型InP埋込層117下面の位置が制御できる。

[実施例6]

次に本発明の第6実施例によるpn埋込構造を有するレーザダイオードの製造方法を図27(A)～(C)および図28(D)を参照しながら説明する。ただし図中、先に説明した部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

【0083】

図27(A)を参照するに、図20(A)の工程と同様にして前記n型InP基板111上にInGaAsP/InGaAsP多重量子井戸活性層112とp型InPクラッド層113とp型InGaAsコンタクト層114とを含むメサストライプ111Mを、SiO₂膜115をマスクに使ったドライエッチングにより形成する。

【0084】

次に図27(B)の工程において、前記メサストライプ111M上に前記SiO₂膜115を残した状態で、MOVPE法によりp型InP埋込層116、n型InP埋込層117およびp型InP層118を順次成長する。図27(B)のMOVPE工程は、典型的には成長温度を550°C、成長圧力を0.1気圧に設定し、III族原料、V族原料、およびp型およびn型ドーパント原料としてそれぞれTMIn、PH₃、DMZn、SiH₄を使用するとともに、塩化メチルCH₃Clを10CCM添加して実行される。かかる低温成長と塩素系ガスの添加を組み合わせることにより、各埋込層はメサ側面への遭い上がり成長が抑制され、メサ底面からほぼ<100>方向に成長する。

【0085】

図27(B)の工程において各埋込層は、前記n型InP層117の下面が前記メサストライプ111Mと接する位置において活性層112の上面よりも高くなるように、また前記n型InP層117の上面が前記メサストライプ111Mと接する位置において前記p型InGaAsコンタクト層114の下面よりも低くなるように、前記p型InP層116およびn型InP層117の厚さを制御

する。

【0086】

次に図27 (C) の工程において図27 (B) の構造を、前記 SiO_2 膜115をマスクとして、塩酸と酢酸と水の混合液よりなるエッチャントを使ったウェットエッチングによりエッチングする。その結果、前記p型InP層118は平坦化され、前記InGaAsクラッド層114の上面に一致した平坦化面が得られる。

【0087】

次に図28 (D) の工程において、前記 SiO_2 膜115を弗化水素酸と過酸化水素水の混合液でエッチング除去する。

【0088】

本実施例では1回の埋込成長で平坦な成長表面を得ることができ、レーザダイオードの製造工程を大幅に簡略化できる。

【実施例7】

次に本発明の第7実施例によるリッジ構造を有するレーザダイオードの製造方法を、図29 (A) ～図30 (E) を参照しながら説明する。

【0089】

図29 (A) を参照するに、n型InP基板121上にはInGaAs/InGaAsP多重量子井戸活性層122と、p型InPクラッド層123と、p型InGaAsコンタクト層124と、 SiO_2 膜125とを順次積層した半導体積層構造が形成され、さらにこれを前記 SiO_2 膜125をマスクとしたドライエッチングによりパターニングすることにより、前記クラッド層123上にリッジストライプ123Mが形成される。さらに図29 (A) の工程では、前記 SiO_2 膜125は弗化水素酸でエッチング除去されている。

【0090】

次に図29 (B) の工程においてMOVPE法により、図29 (A) の構造上にn型InP層126を結晶成長する。その際、前記n型InP層126の厚さを、前記InP層126の上面が前記p型InGaAs層124の下面よりも低

くなるように設定する。

【0091】

次に図29 (C) の工程において図29 (B) の構造に対して塩酸と酢酸と水の混合液よりなるエッチャントを使ったウェットエッチングを、前記InGaAsコンタクト層124をマスクとして実行し、前記n型InP層126の表面を平坦化する。かかる平坦化の結果、前記n型InP層126の上面の位置は、前記p型InGaAs層124の下面の位置よりも低くなる。

【0092】

次に図30 (D) の工程において図29 (C) の構造上にMOVPE法により、p型InP層127を、前記p型InP層127の上面その最低領域においても前記p型InGaAs層124の上面よりも高くなるような厚さに形成する。

【0093】

最後に図30 (E) の工程において図30 (D) の構造に対して塩酸と酢酸と水の混合液よりなるエッチャントを使ったウェットエッチングを、前記InGaAsコンタクト層124をマスクに実行し、前記InP層127を平坦化する。かかる平坦化の結果、前記p型InP層127は前記InGaAsコンタクト層124の表面に一致する表面を有する。

【0094】

かかるリッジ構造を有するレーザダイオードにおいても、効果的な電流狭窄を実現する為には、前記n型InP埋込層126の表面位置を注意深く制御しなければならない。例えば前記n型InP層126とp型InGaAsコンタクト層124との間の間隔が広い場合は、この間隔が電流リークパスとして作用する。本実施例の方法では、図29 (B) の工程において前記n型InP埋込層126の厚さを制御するだけで、所望の効果的な電流狭搾が実現される。

[実施例8]

次に本発明の8実施例によるリッジ構造を有するレーザダイオードの製造方法を、図31 (A) ~ 図32 (F) を参照しながら説明する。ただし図中、先に説明した部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

【0095】

図31 (A) を参照するに、前記n型InP基板121上には先の図29 (A) の工程と同様にInGaAs/InGaAsP多重量子井戸活性層122と、p型InPクラッド層123と、p型InGaAsコンタクト層124と、SiO₂膜125とを順次積層した半導体積層構造が形成され、さらにこれを前記SiO₂膜125をマスクとしたドライエッチングによりパターニングすることにより、前記クラッド層123上にリッジストライプ123Mが形成されている。

【0096】

次に図31 (B) の工程において図31 (A) の構造上に、前記SiO₂膜125を選択成長マスクとして残した状態でMOVPE法により、n型InP層126を、前記n型InP層126の上面が前記p型InGaAsコンタクト層124の下面よりも低くなるような厚さで形成する。

【0097】

次に図31 (C) の工程において図31 (B) の構造に対して塩酸と酢酸と水の混合液よりなるエッチャントを使ったウェットエッチングを実行し、前記InP層126を平坦化する。このように平坦化されたInP層126は、前記p型InGaAs層124よりも低い位置に平坦化面を有する。

【0098】

次に図32 (D) の工程において図31 (C) の構造上に、前記SiO₂膜125を選択成長マスクとして残したまま、MOVPE法により、p型InP層127を、前記p型InP層127の上面が最も低い領域においても前記p型InGaAsコンタクト層124の高さよりも高くなるような厚さで成長する。

【0099】

次に図32 (E) の工程において図32 (D) の構造に対し、塩酸と酢酸と水の混合液よりなるエッチャントを使ったウェットエッチングを実行し、前記p型InP層127を平坦化する。図32 (E) の平坦化工程は前記コンタクト層124上に前記SiO₂膜125を残した状態で実行され、その結果、前記p型InP層127の平坦化面の高さは、前記コンタクト層124の上面の高さに一致する。

【0100】

最後に図32 (F) の工程において前記 SiO_2 膜125を弗化水素酸と過酸化水素水の混合液でエッチング除去する。

【実施例9】

次に、本発明の第9実施例による分岐を有する光導波路の製造方法を、図33 (A) ~図34 (E) を参照しながら説明する。

【0101】

図33 (A) を参照するに、n型 InP 基板201上には $\text{InGaAsP}/\text{InGaAsP}$ 多重量子井戸層202と InP クラッド層203とが積層されており、Y字型に分岐した SiO_2 パターン205をマスクに、前記 InP 基板201に達するドライエッチングを行うことにより、前記基板201上には前記 SiO_2 パターン204に対応したY字型のメサストライプ201Mが形成されている。

【0102】

次に図33 (B) の工程において図33 (A) の構造上に、前記 SiO_2 パターン205を選択成長マスクとして残した状態で、Feドーピング InP 埋込層206を、前記Feドーピング InP 層206の最も低い表面部分が前記メサストライプ201M中のクラッド層203の上面よりも高くなるような厚さに、MOVPE法により形成する。図33 (B) の工程の結果、前記Feドーピング InP 埋込層206は前記 InP 基板201上に、前記Y字型メサストライプ201Mを側方から挟持するように形成される。

【0103】

次に図33 (C) の工程において図33 (B) の構造を、塩酸と酢酸と水の混合液よりなるエッチャントを使ったウェットエッチングによりエッチングし、前記Feドーピング InP 埋込層206の表面を、前記メサストライプ201M最上部の InP クラッド層203の上面と一致するように平坦化する。

【0104】

次に図34 (D) の工程で前記 SiO_2 膜205を弗化水素酸と過酸化水素水

の混合液でエッチング除去し、最後に図34(E)の工程で、図34(D)の構造上にMOVPE法によりFeドープInP層207を成長する。その際、図34(D)の工程で前記InPクラッド層205とInGaAs層204とが(100)面よりなる平坦面を形成しているため、前記FeドープInP層207表面も平坦化されている。

【0105】

先に図3で説明したように、従来の工程では分岐点を有するストライプの周囲にInP埋込層を成長する場合には、埋込InP層が分岐部分でマスク上にオーバーハングすることがある。これに対し、本実施例では図33(C)の工程で前記InP埋込層206をウェットエッチングすることにより、かかるオーバーハング部分を除去することができ、その結果図34(E)の工程においてInP層207を堆積しても空洞が生ることがない。

【実施例10】

次に、本発明の第10実施例による分岐点を有しBH埋込構造を有する光導波路の製造工程を、図35(A)～(C)を参照しながら説明する。ただし図中、先に説明した部分に対応する部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

【0106】

図35(A)を参照するに、前記n型InP基板201上には前記InGaAsP/InGaAsP多重量子井戸層202とInPクラッド層203、およびInGaAs層204が順次積層され、さらに図示していないSiO₂パターン205を使ったドライエッチングを行うことにより、Y型メサストライプ201Mが形成される。図35(A)の工程では、前記メサストライプの形成後、前記SiO₂膜205を弗化水素酸でエッチング除去している。

【0107】

次に図35(B)の工程において、図35(A)の構造上にMOVPE法により、前記FeドープInP埋込層206を、前記FeドープInP層206の最も低い表面部分が前記p型InGaAs層204の上面よりも高くなるような厚さに形成する。このようにして形成されたInP埋込層206は、その表面に、

下地となるY字型ストライプパターン201Mの形状を反映した凹凸を有する。

【0108】

最後に図35(C)の工程において、図35(B)の構造に対して塩酸と酢酸と水の混合液よりなるエッチャントを使ったウェットエッチングを行い、前記InP埋込層206を平坦化する。

【0109】

図35(C)の平坦化工程においては前記p型InGaAs層204がエッチングマスクとして作用し、その結果、前記FeドープInP206は、前記InGaAs層204の表面と実質的に一致する表面を有する。従って、図35(C)以降の工程において図35(C)の構造上に別の半導体層や電極パターンを形成する場合にも、平坦面上への形成となるため問題が生じない。

【実施例11】

次に、本発明の第11実施例による、活性層の選択成長工程を含む半導体装置の製造方法を、図36(A)～36(C)を参照しながら説明する。

【0110】

図36(A)を参照するに、n型InP基板211の表面に<0-11>方向に延在する基板領域を露出するSiO₂膜パターン212が、前記<0-11>方向に幅が変化するように形成されている。

【0111】

次に図36(B)の工程において前記InP基板211上に前記SiO₂膜パターン212をマスクとしたMOVPE法によりn型InP層213とInGaAsP/InGaAsP多重量子井戸層214とp型InPクラッド層215とを順次堆積する。かかるSiO₂膜パターン212をマスクとした気相成長では、半導体層の成長が生じないSiO₂膜パターン212上で原料濃度が増加し、その結果SiO₂膜パターン212が途切れている前記<0-11>方向に延在する基板領域に原料が過剰に供給される。かかる原料の過剰供給は、SiO₂膜の被覆率、すなわち前記SiO₂膜パターン212の幅に依存し、前記幅が広いほど過剰供給される原料が増加し、半導体層213から215の厚さが増加する

。前記 SiO_2 膜パターン 212 の幅は $\langle 0-11 \rangle$ 方向に変化するため、前記 $\langle 0-11 \rangle$ 方向に前記半導体層 213～215 の厚さが変化する。

【0112】

最後に図 36 (C) の工程において塩酸と酢酸と水の混合液よりなるエッチャントを使ったウェットエッチングを図 36 (B) の工程に対して適用することにより、前記 p 型 InP 層 215 を平坦化する。その際、前記 p 型 InP 層 215 はその上面の最も低い表面部分に対応した高さにおいて平坦化される。

【0113】

このような活性層 214 を含む選択成長で段差構造が生じた場合、後工程の電流狭窄埋込成長工程あるいは電極形成工程において問題が生じるが、本実施例によればかかる段差構造を容易に平坦化することが可能なため、かかる不都合を回避することが可能である。

【実施例 12】

次に、活性層の選択成長工程を含む本発明の第 12 実施例による半導体装置の製造工程を、図 37 (A)～図 38 (E) を参照しながら説明する。ただし図中、先に説明した部分に対応する部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

【0114】

図 37 (A) を参照するに、本実施例では前記 InP 基板 211 上に図 36 (A) の工程と同様に前記 SiO_2 膜パターン 212 を、基板 211 を露出する開口部に沿ってパターン 212 の幅が変化するように形成し、次いで図 37 (B) の工程において前記 InP 基板 211 を前記 SiO_2 膜パターン 212 をマスクにドライエッチングし、InP 基板 211 表面に深さが約 $1\ \mu\text{m}$ の溝 211A を形成する。

【0115】

次に図 37 (C) の工程において図 37 (B) の構造上に MOVPE 法により、前記 InGaAsP / InGaAsP 多重量子井戸層 213 および p 型 InP クラッド層 214 を、前記溝 211A を埋めるように形成する。その際、前記 p

型InPクラッド層214の厚さを、前記InPクラッド層214の上面の最も低い表面部分が前記n-InP基板211の表面より高くなるように設定しておく。前記SiO₂マスク212は前記<0-11>方向に沿って幅を変化させるため、前記InPクラッド層214には前記<0-11>方向に、膜厚の変調が生じる。

【0116】

次に図38(D)の工程において前記SiO₂膜パターン212を弗化水素酸と過酸化水素水の混合液でエッチング除去し、最後に図38(E)の工程で図38(D)の構造に対して塩酸と酢酸と水の混合液よりなるエッチャントを使ったウェットエッチングを実行する。

【0117】

かかるウェットエッチングの結果、前記InPクラッド層214は平坦化され、前記クラッド層214の上面として、前記InP基板211と一致する平坦面が得られる。

【実施例13】

次に本発明の第13実施例による多層光導波路の製造方法を、図39(A)～図41(G)を参照しながら説明する。ただし図39(A)～41(G)中、先に説明した部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

【0118】

図39(A)を参照するに、n型InP基板221上にInGaAsP/InGaAsP多重量子井戸層222とInPクラッド層223を順次積層した後、SiO₂膜パターン225をマスクとしたドライエッチングにより第1の導波路メサストライプパターン212Mを形成する。図39(A)の例では、前記第1の導波路メサストライプパターン212MはY字型に分岐した形状を有する。

【0119】

次に図39(B)の工程において図39(A)の構造上に、MOVPE法によりFeドープInP埋込層226を、前記SiO₂膜パターン225を選択成長マスクに、前記第1の導波路メサストライプパターン221Mを埋込むように成

長する。図39 (B) の工程では、前記FeドーブInP層226の厚さを、最も低い表面部分でも前記第1の導波路メサストライプパターン221M上部より高くなるように設定する。

【0120】

次に図39 (C) の工程において、図39 (B) の構造に対して塩酸と酢酸と水の混合液よりなるエッチャントを使ったウェットエッチングを適用し、前記InP層226の表面を平坦化する。

【0121】

さらに図40 (D) の工程において、前記SiO₂膜225を弗化水素酸と過酸化水素水の混合液でエッチング除去し、さらに図40 (E) の工程において図40 (D) の構造上にInPクラッド層227とInGaAsP/InGaAsP多重量子井戸層228とInPクラッド層229とを順次積層する。さらに前記InPクラッド層229上に形成されたSiO₂膜パターン230をマスクとしたドライエッチングにより、前記InP層226上に第2の導波路メサストライプ227Mを形成する。

【0122】

次に図41 (F) の工程において図40 (E) の構造上にMOVPE法により、FeドーブInP埋込層231を、前記SiO₂パターン230を選択成長マスクとして使い、形成する。その際、前記FeドーブInP層231は、最も低い表面部分でも前記導波路メサストライプパターン227M上部より高くなるような厚さに形成される。

【0123】

さらに図41 (G) の工程で図41 (F) の構造に対して塩酸と酢酸と水の混合液よりなるエッチャントを使ったウェットエッチングを適用し、前記FeドーブIn層231を平坦化する。最後に、前記SiO₂膜パターン230を弗化水素酸と過酸化水素水の混合液でエッチング除去することにより、2層構造の光導波路が得られる。

【0124】

光導波路を多層積層する場合には、各層の形成後に表面が平坦であることが必

要であるが、本実施例では I n P 層 2 2 6 あるいは 2 3 1 の厚さを制御するとともに、これらの層の最も低い表面部分に合わせて平坦化を行う。研磨による平坦化では、このような層厚の制御はできない。

【 0 1 2 5 】

以上説明した各実施例では、エッチャントとして塩酸と酢酸と水の混合液を使う例を説明した。本発明のエッチャントによる平坦化は、エッチャントの組成を塩酸：酢酸：水 = 1 : X : Y で表した場合、濃度パラメータ X が 0 ~ 2 0 の範囲で、また濃度パラメータ Y が任意の範囲で有効である。また本発明のエッチャントとして塩酸と酢酸と過酸化水素水と水の混合液を使った場合、エッチャント組成を塩酸：酢酸：過酸化水素水：水 = 1 : X : Y : Z で表した場合、濃度パラメータ X が 0 ~ 2 0 の範囲で、また濃度パラメータ Y が 0 ~ 0 . 3 の範囲で、また濃度パラメータ Z が任意範囲で同様の効果が得られる。

【 0 1 2 6 】

本発明は成長後の I n P 層の段差形状に対する異方性エッチングによる平坦化をその原理としているため、本発明の適用範囲は光半導体デバイスだけでなく、I n P を材料とする半導体デバイス全般に対して適用可能である。

【 0 1 2 7 】

【発明の効果】

本発明によれば、結晶成長に伴い I n P 層に生じた段差形状を、塩酸と酢酸とを含むエッチャントを使ったウェットエッチングにより平坦化することが可能であり、しかも形成される平坦化面の位置を、かかる段差形状の最も低い表面部分に一致させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

(A) ~ (D) は、関連技術により埋込ヘテロ構造を有するレーザダイオードの製造工程を示す図である。

【図 2】

図 1 の工程に伴う問題点を説明する図である。

【図 3】

(A), (B) は関連技術による光導波路の形成工程を示す図である。

【図 4】

図 3 の問題点を説明する図である。

【図 5】

(A) ~ (D) は、別の関連技術によるレーザダイオードの製造工程およびその問題点を説明する図である。

【図 6】

本発明の原理を説明する図である。

【図 7】

本発明の原理を説明する別の図である。

【図 8】

本発明の原理を説明するさらに別の図である。

【図 9】

(A), (B) は本発明の原理を説明するさらに別の図である。

【図 1 0】

(A), (B) は本発明の原理を説明するさらに別の図である。

【図 1 1】

(A), (B) は本発明の原理を説明するさらに別の図である。

【図 1 2】

(A), (B) は本発明の原理を説明するさらに別の図である。

【図 1 3】

(A), (B) は本発明の原理を説明するさらに別の図である。

【図 1 4】

(A), (B) は本発明の原理を説明するさらに別の図である。

【図 1 5】

(A), (B) は本発明の原理を説明するさらに別の図である。

【図 1 6】

(A), (B) は本発明の原理を説明するさらに別の図である。

【図 1 7】

(A) ～ (C) は本発明の第 1 実施例によるレーザダイオードの製造工程を示す図 (その 1) である。

【図 1 8】

(D) ～ (E) は本発明の第 1 実施例によるレーザダイオードの製造工程を示す図 (その 2) である。

【図 1 9】

(A) ～ (C) は本発明の第 2 実施例によるレーザダイオードの製造工程を示す図である。

【図 2 0】

(A) ～ (C) は本発明の第 3 実施例によるレーザダイオードの製造工程を示す図 (その 1) である。

【図 2 1】

(D) ～ (F) は本発明の第 3 実施例によるレーザダイオードの製造工程を示す図 (その 2) である。

【図 2 2】

(A) ～ (D) は本発明の第 4 実施例によるレーザダイオードの製造工程を示す図 (その 1) である。

【図 2 3】

(E) ～ (G) は本発明の第 4 実施例によるレーザダイオードの製造工程を示す図 (その 2) である。

【図 2 4】

(A) ～ (C) は本発明の第 5 実施例によるレーザダイオードの製造工程を示す図 (その 1) である。

【図 2 5】

(D) ～ (F) は本発明の第 5 実施例によるレーザダイオードの製造工程を示す図 (その 2) である。

【図 2 6】

(G) は本発明の第 5 実施例によるレーザダイオードの製造工程を示す図 (その 3) である。

【図 2 7】

(A) ～ (C) は本発明の第 6 実施例によるレーザダイオードの製造工程を示す図 (その 1) である。

【図 2 8】

(D) は本発明の第 6 実施例によるレーザダイオードの製造工程を示す図 (その 2) である。

【図 2 9】

(A) ～ (C) は本発明の第 7 実施例によるレーザダイオードの製造工程を示す図 (その 1) である。

【図 3 0】

(D) ～ (E) は本発明の第 7 実施例によるレーザダイオードの製造工程を示す図 (その 2) である。

【図 3 1】

(A) ～ (C) は本発明の第 8 実施例によるレーザダイオードの製造工程を示す図 (その 1) である。

【図 3 2】

(D) ～ (F) は本発明の第 8 実施例によるレーザダイオードの製造工程を示す図 (その 2) である。

【図 3 3】

(A) ～ (C) は本発明の第 9 実施例による光導波路の製造工程を示す図 (その 1) である。

【図 3 4】

(D) ～ (E) は本発明の第 9 実施例による光導波路の製造工程を示す図 (その 2) である。

【図 3 5】

(A) ～ (C) は本発明の第 1 0 実施例による光導波路の製造工程を示す図 (その 1) である。

【図 3 6】

(A) ～ (C) は本発明の第 1 1 実施例による半導体装置の製造工程を示す図

である。

【図37】

(A)～(C)は本発明の第12実施例による半導体装置の製造工程を示す図(その1)である。

【図38】

(D)～(E)は本発明の第12実施例による半導体装置の製造工程を示す図(その2)である。

【図39】

(A)～(C)は本発明の第13実施例による多層光導波路の製造工程を示す図(その1)である。

【図40】

(D)～(E)は本発明の第13実施例による多層光導波路の製造工程を示す図(その2)である。

【図41】

(F)～(G)は本発明の第13実施例による多層光導波路の製造工程を示す図(その3)である。

【符号の説明】

- 10 レーザダイオード
- 11, 21, 31, 41, 51, 61, 71, 81 InP基板
- 12 多層量子井戸活性層
- 13 InPクラッド層
- 14 InGaAsコンタクト層
- 15, 22, 33, 42, 52, 72, 82 SiO₂マスク
- 16A, 16B, 23, 32A, 32B, 43A, 43B, 53A, 53B, 73A, 73B InP埋込層
- 16a, 16b 盛り上がり部
- 17, 18 電極
- 17a 電極途切れ
- 23A オーバーハング部

23B, 32a, 32b 空洞
 24, 34, 53, 62, 83 InP再成長層
 31M, 41M, 51M, 61M, 71M, 81M メサ構造
 101, 111, 121 InP基板
 101M, 111M, 123M メサストライプ
 102, 112, 122 多重量子井戸層
 103, 113, 123 InPクラッド層
 104, 114, 124 InGaAsコンタクト層
 105, 115, 125 SiO₂マスク
 106, 106₁, 106₂, 116₁, 116₂ InP埋込層
 106a, 106b 盛り上がり
 107, 108 電極
 117, 117A, 117B, 126 n型InP層
 118, 118A, 118B, 127 p型InP層
 119 InPクラッド層
 120, 124 InGaAsコンタクト層
 123M リッジストライプ
 201 InP基板
 201M メサストライプ
 202 多重量子井戸層
 203 InPクラッド層
 204 InGaAs層
 205 SiO₂マスク
 206, 226, 231 InP埋込層
 207 InP再成長層
 211, 221 InP基板
 221M 第1層光導波路パターン
 212, 225, 230 SiO₂膜
 213, 215, 223, 227, 229 InPクラッド層

特2000-393318

214,,222,228 多重量子井戸層

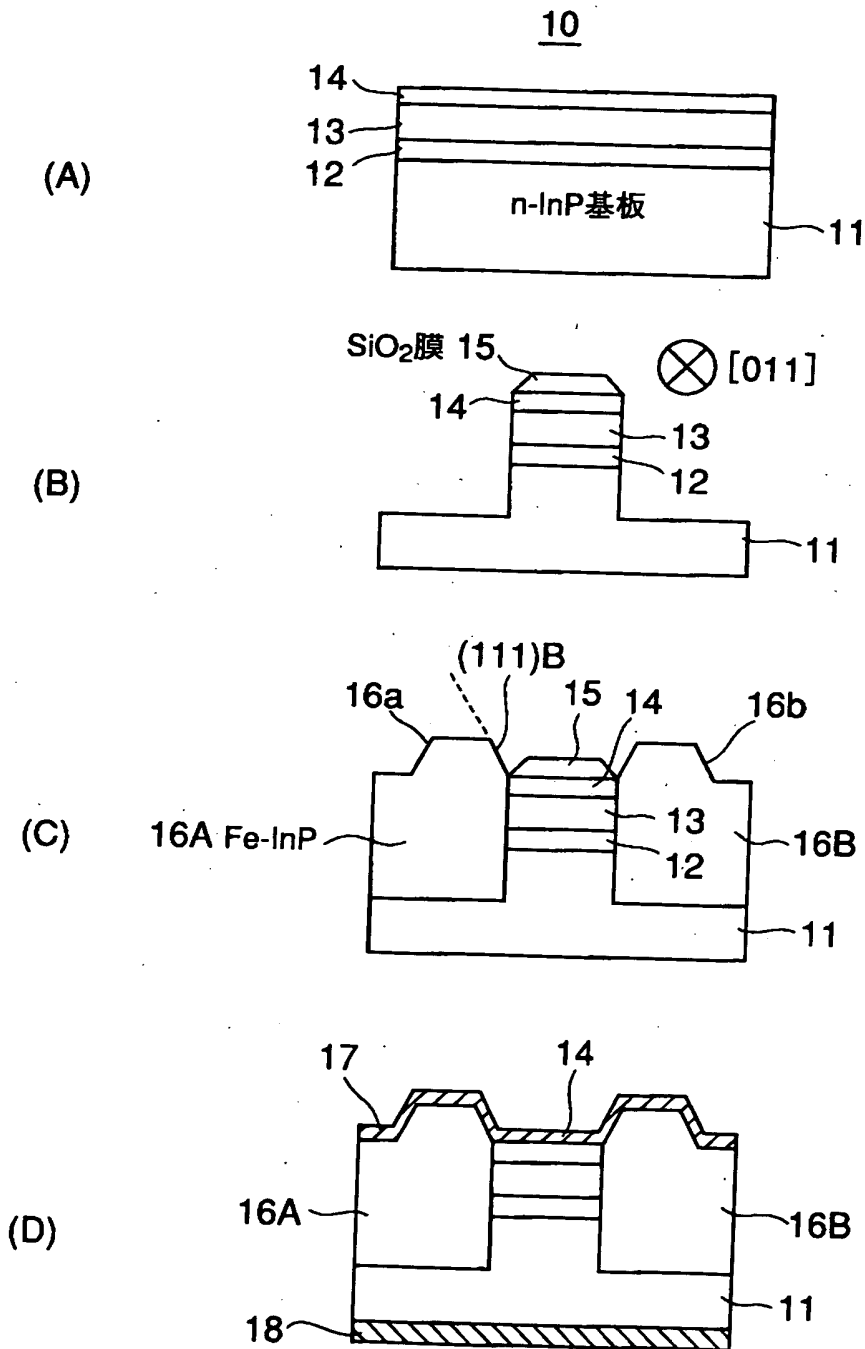
224 GaInAs層

【書類名】

図面

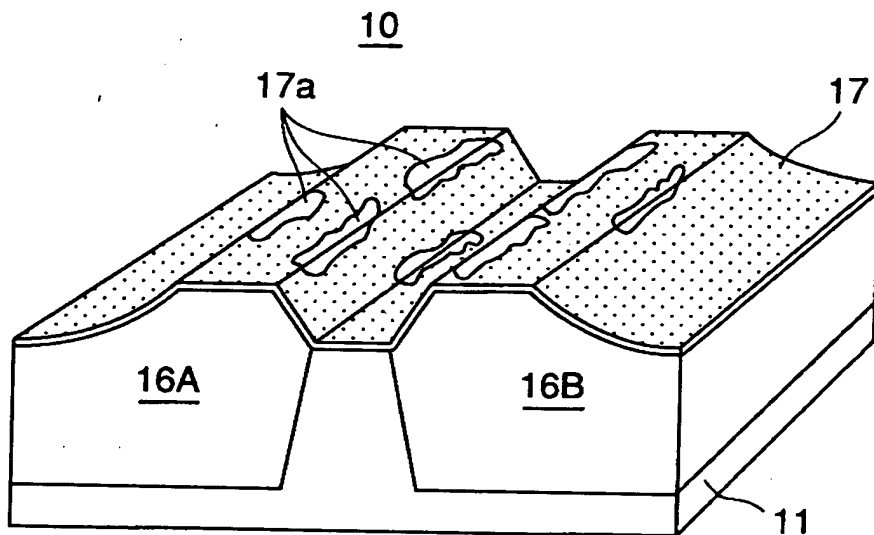
【図1】

(A)～(D)は、関連技術による埋込ヘテロ構造を有するレーザダイオードの製造工程を示す図

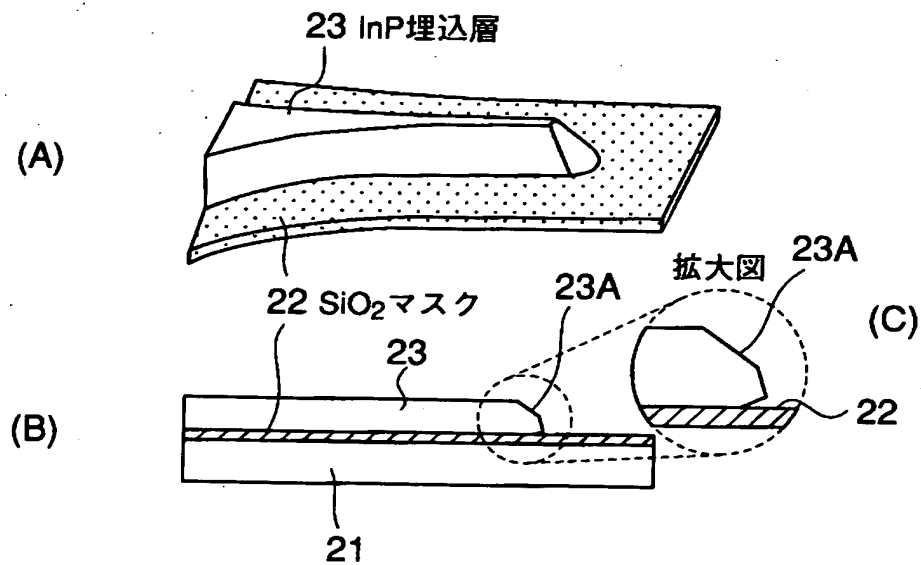


【図 2】

図1の工程に伴う問題点を説明する図

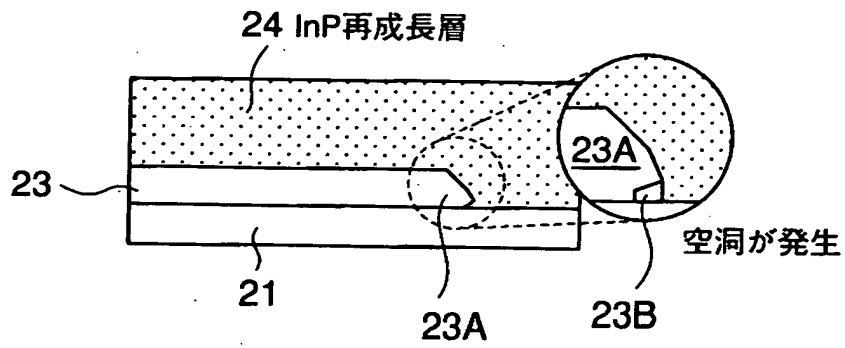


【図 3】



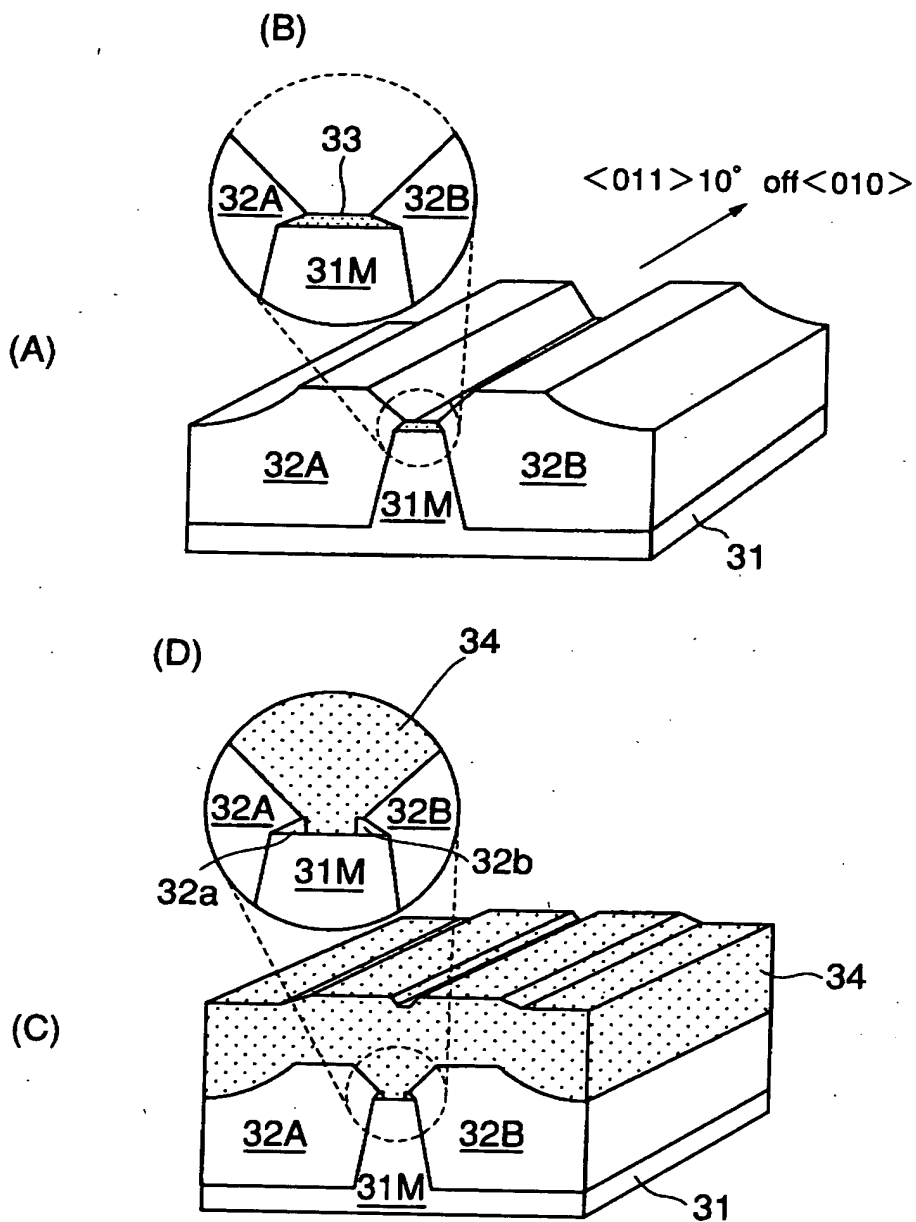
【図 4】

図3の問題点を説明する図

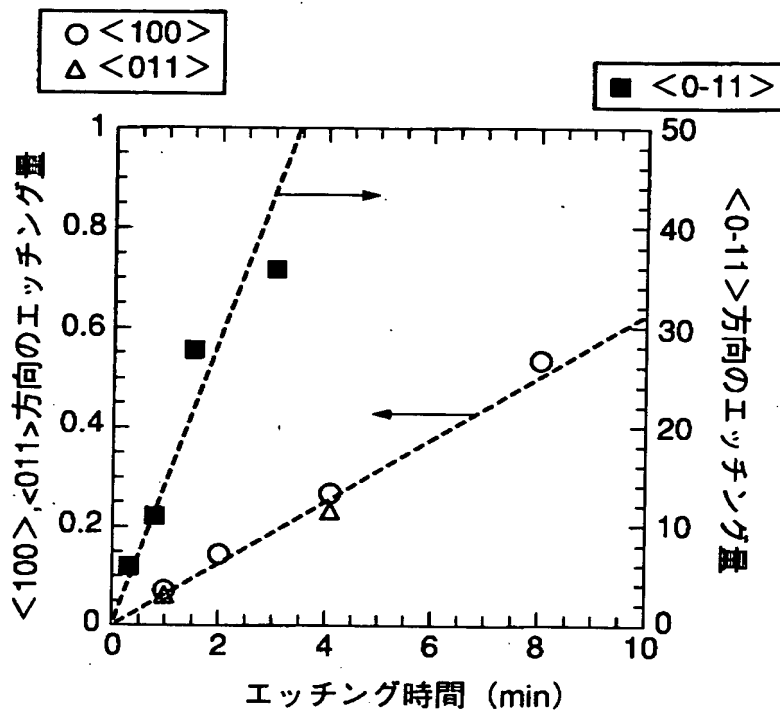


【図 5】

(A)～(D)は、別の関連技術によるレーザダイオードの製造工程およびその問題点を説明する図

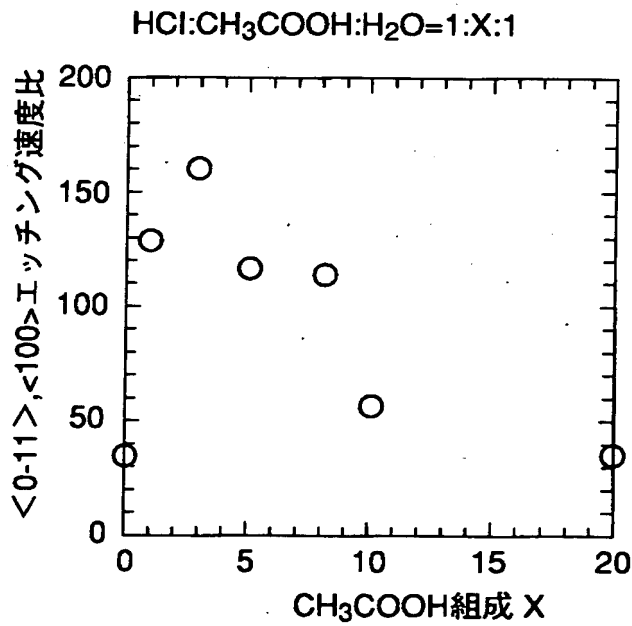


【図 6】



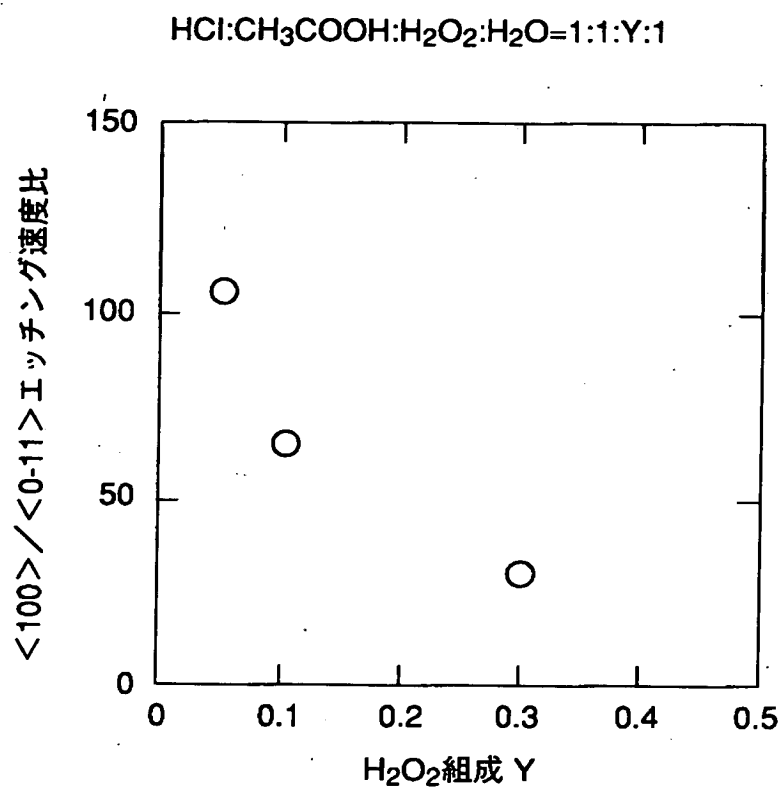
【図 7】

本発明の原理を説明する別の図



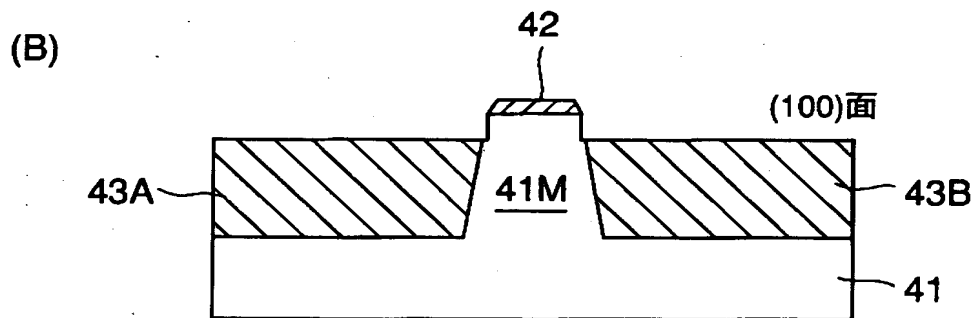
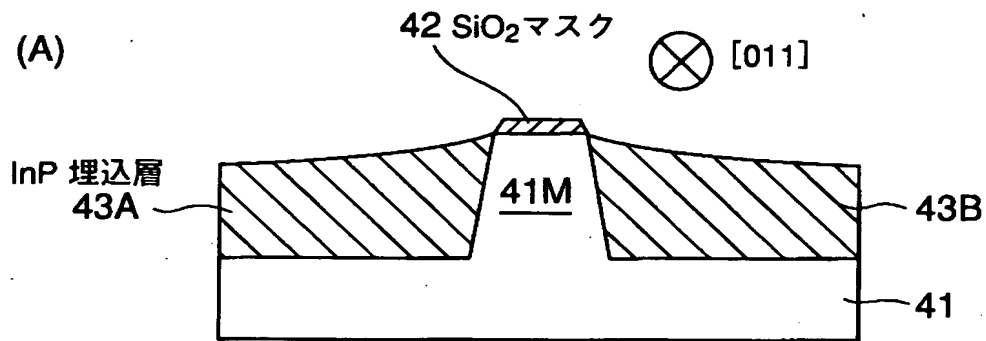
【図 8】

本発明の原理を説明するさらに別の図



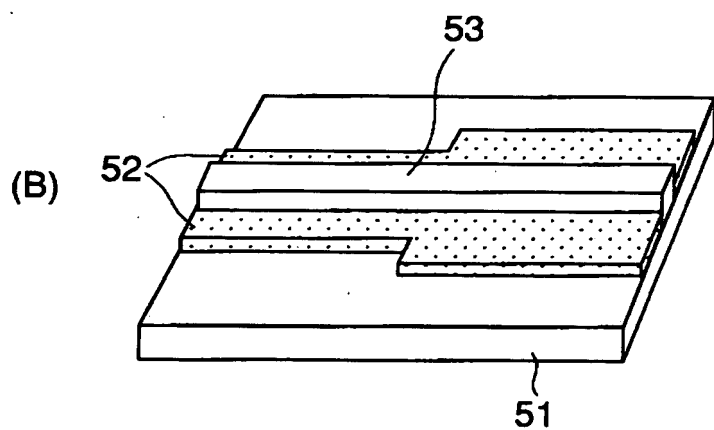
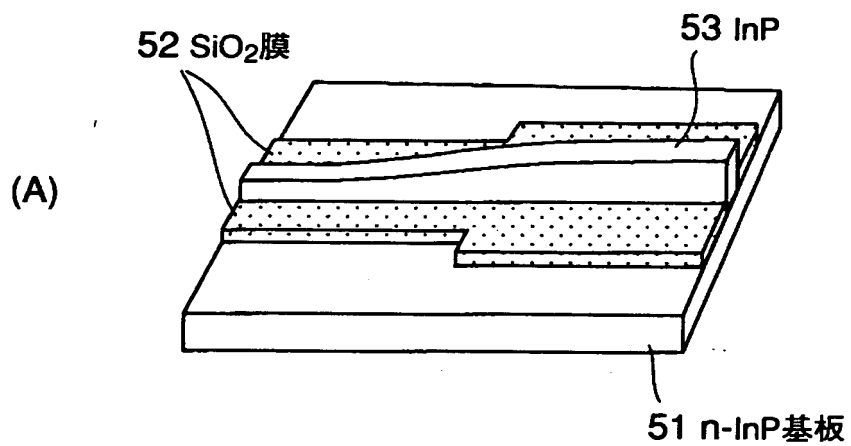
【図 9】

(A),(B)は本発明の原理を説明するさらに別の図



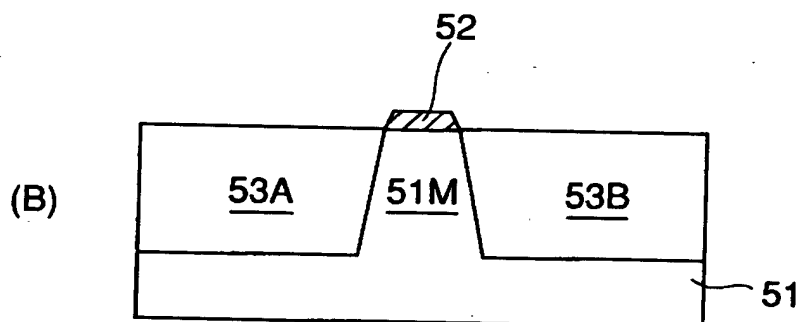
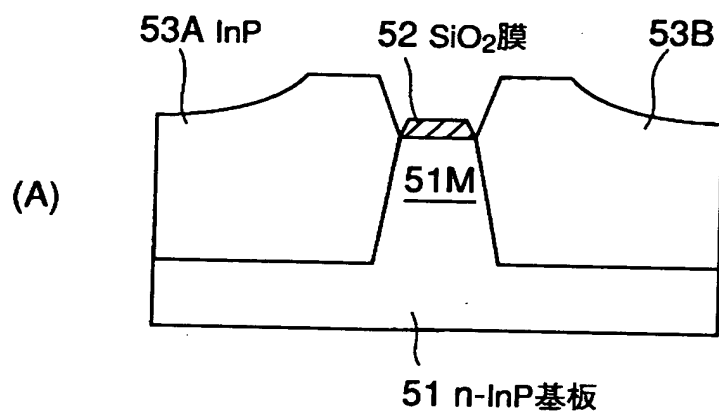
【図 1 0】

(A),(B)は本発明の原理を説明するさらに別の図



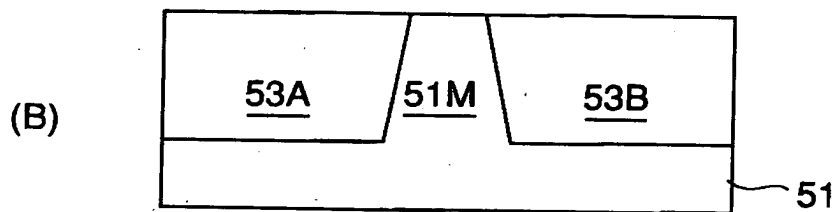
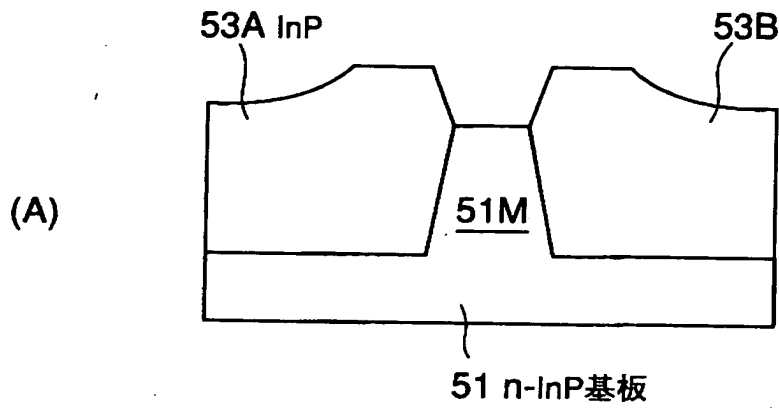
【図 1 1】

(A),(B)は本発明の原理を説明するさらに別の図



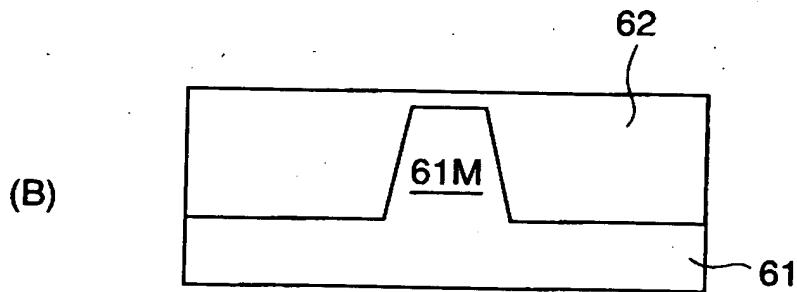
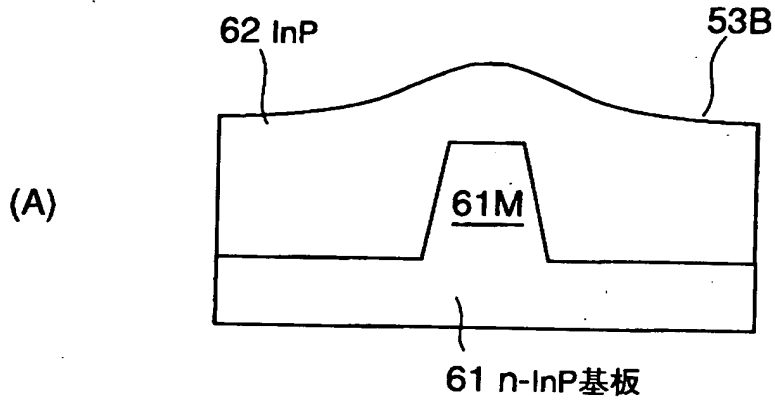
【図 1 2】

(A),(B)は本発明の原理を説明するさらに別の図



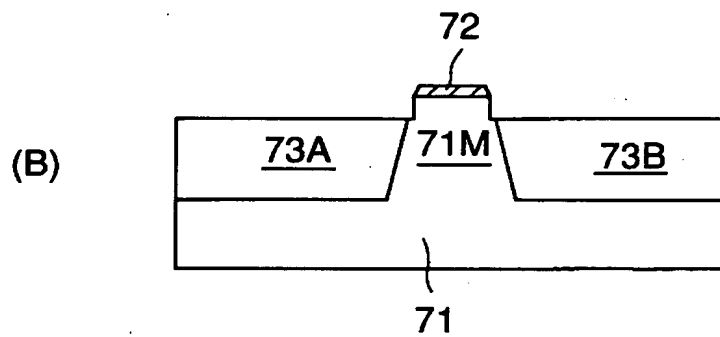
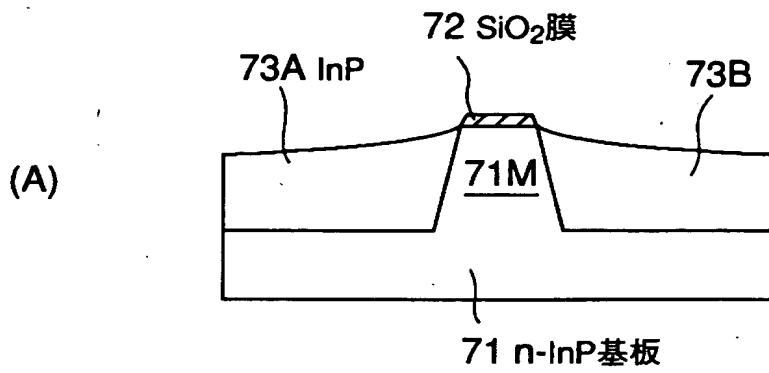
【図 1 3】

(A),(B)は本発明の原理を説明するさらに別の図



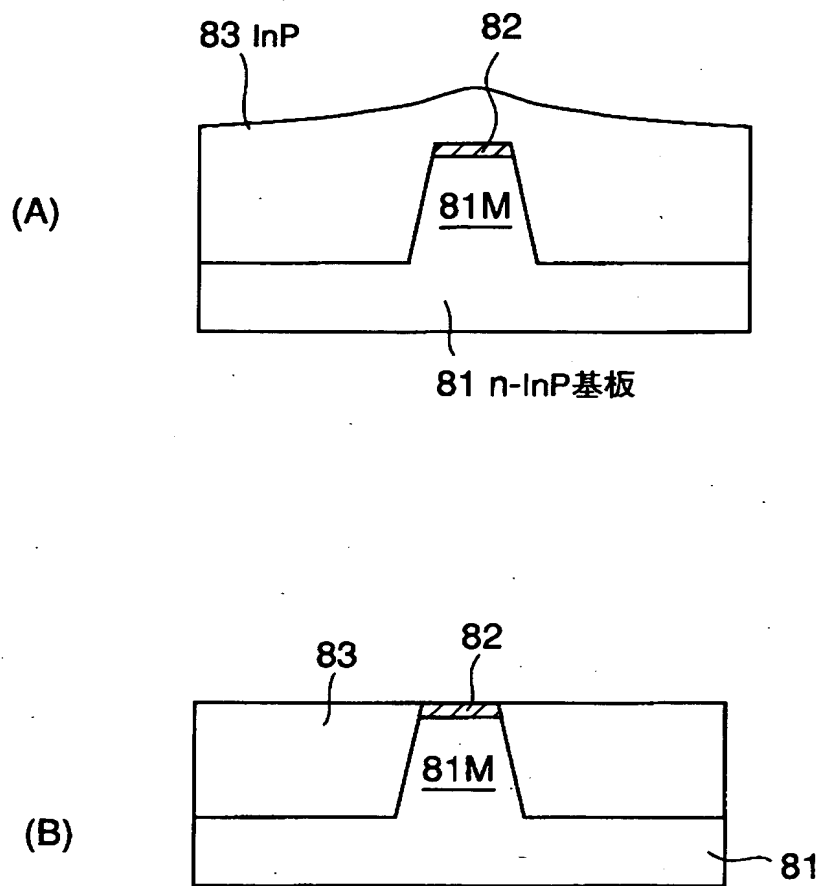
【図 1 4】

(A),(B)は本発明の原理を説明するさらに別の図



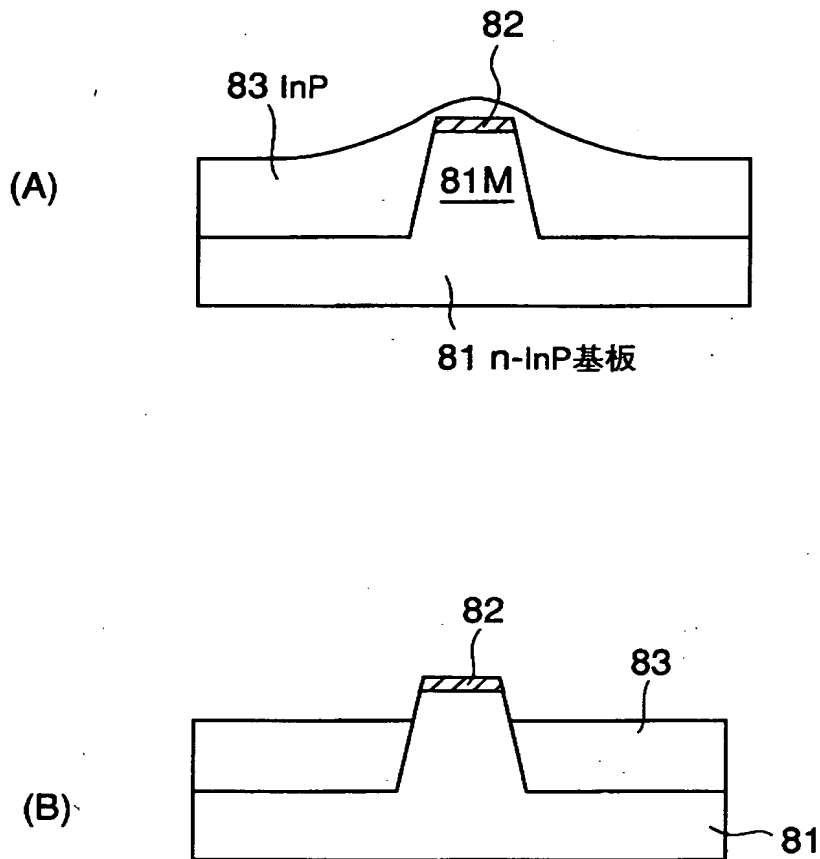
【図 1 5】

(A),(B)は本発明の原理を説明するさらに別の図



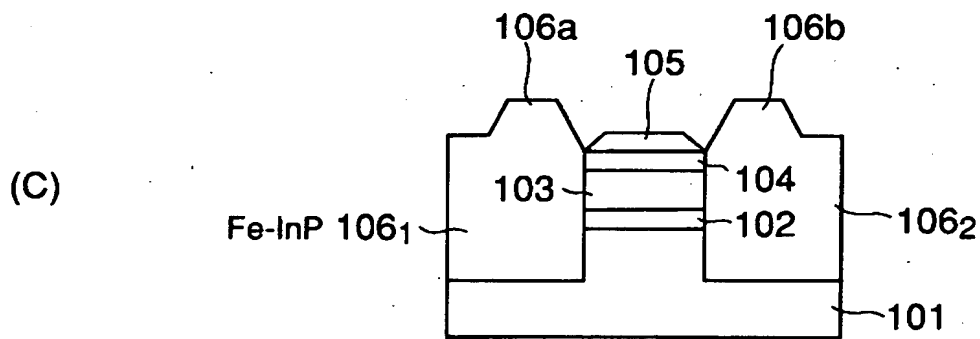
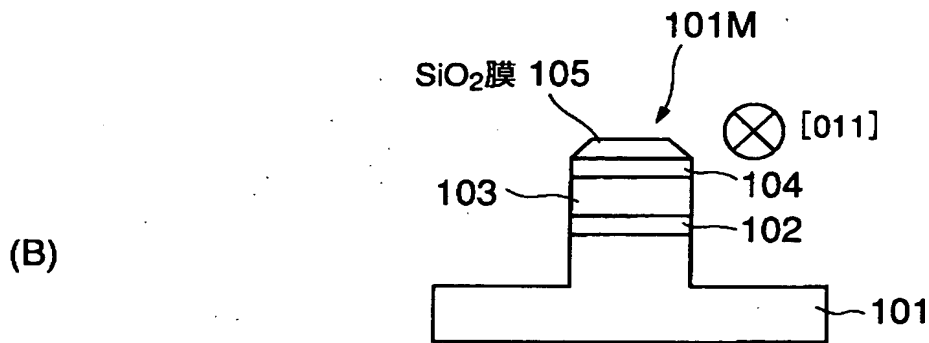
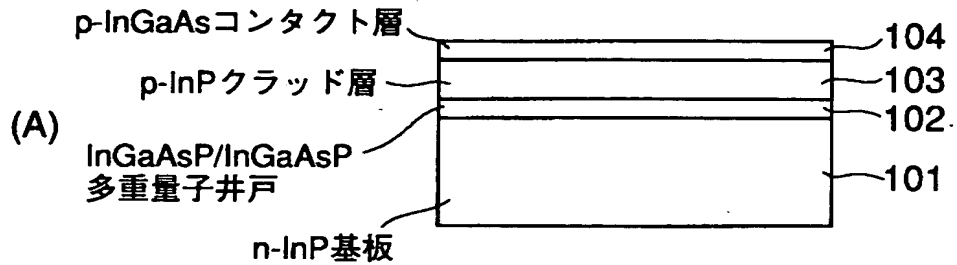
【図 1 6】

(A),(B)は本発明の原理を説明するさらに別の図



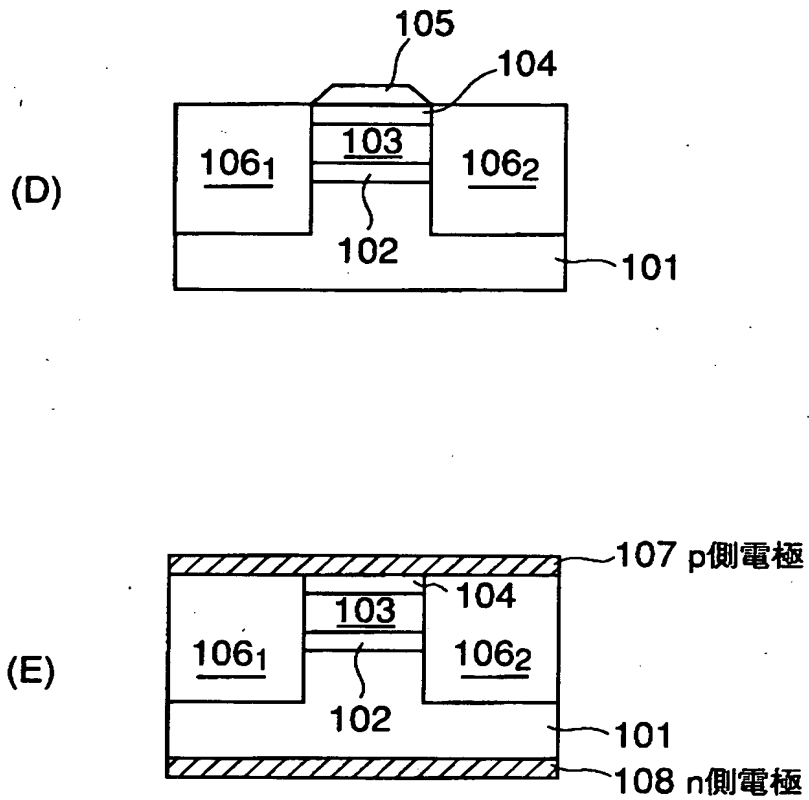
【図 1 7】

(A)～(C)は本発明の第1実施例によるレーザダイオードの製造工程を示す図（その1）



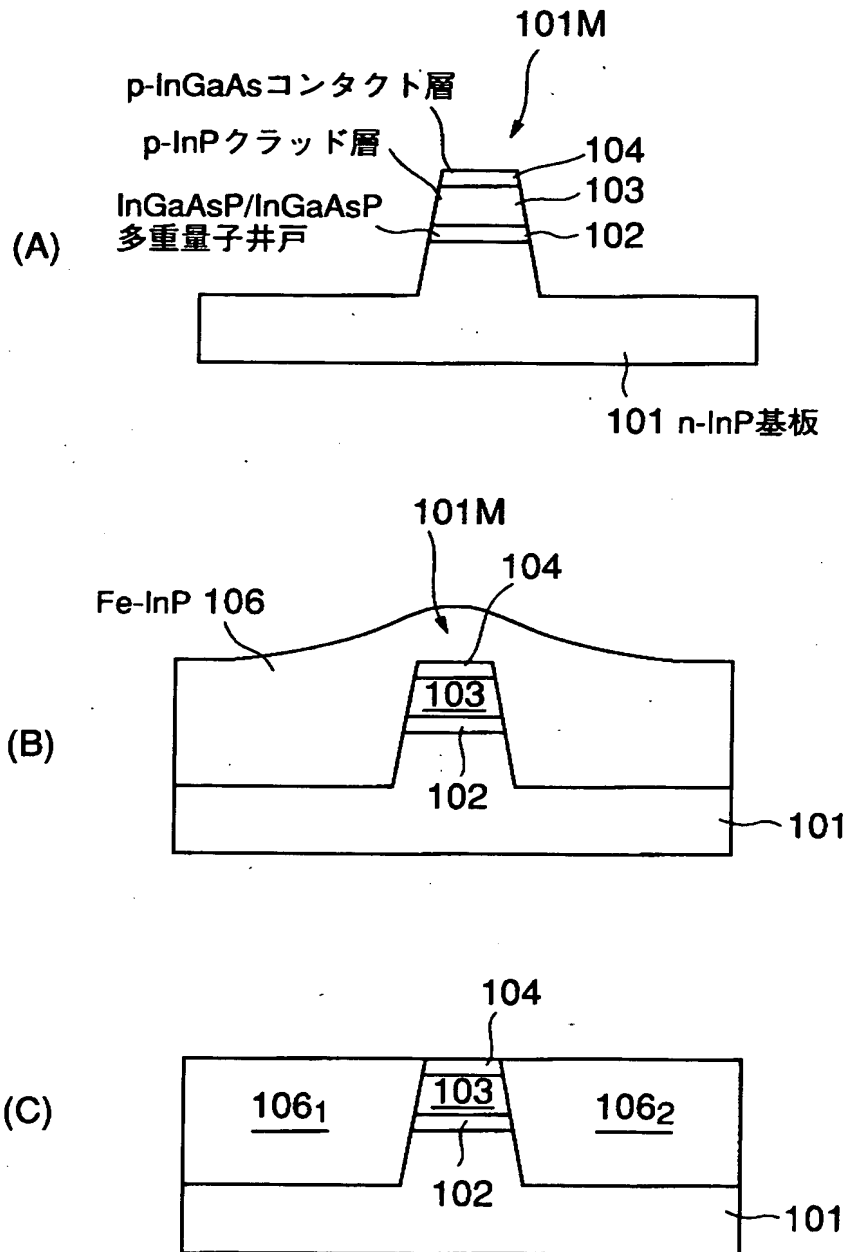
【図 1 8】

(D)～(E)は本発明の第1実施例によるレーザダイオードの製造工程を示す図（その2）



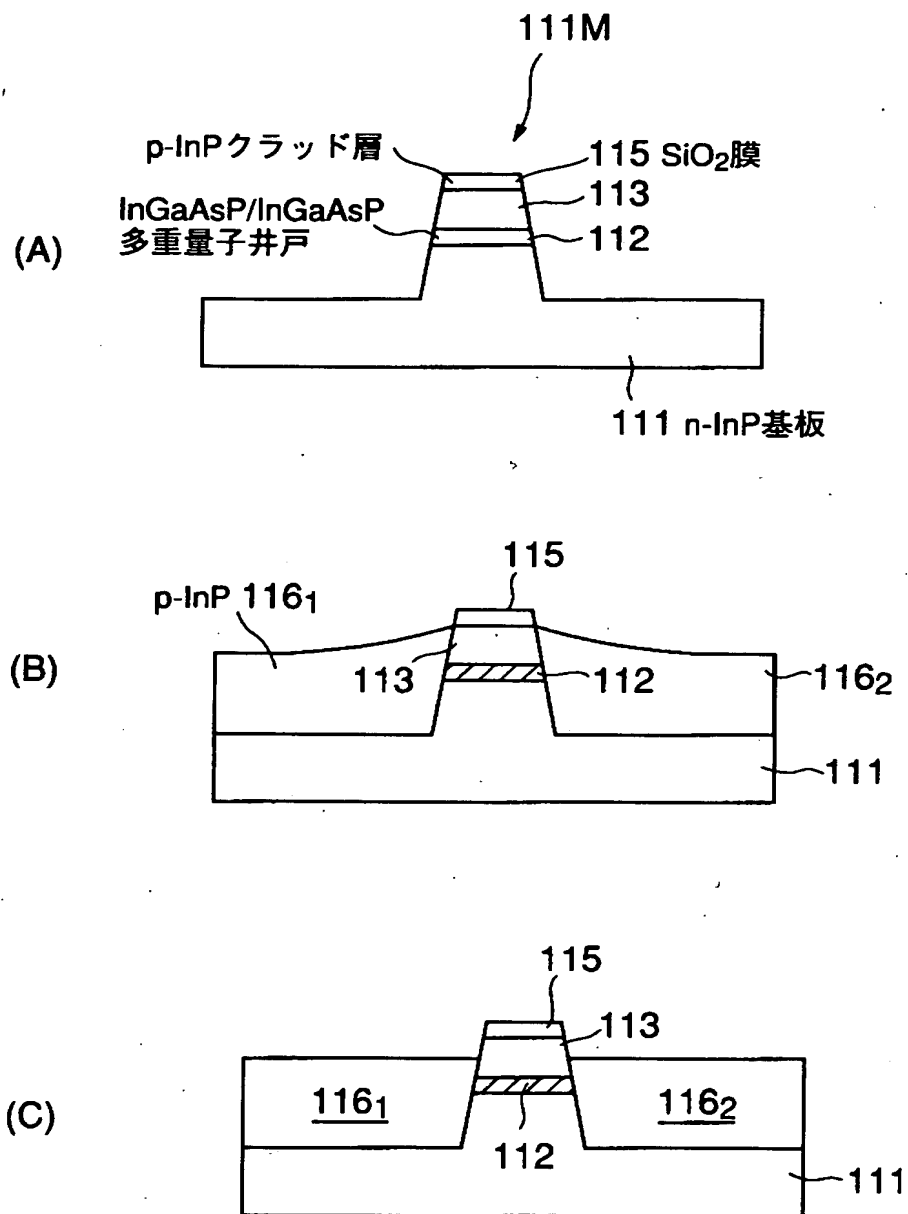
【図 1 9】

(A)～(C)は本発明の第2実施例によるレーザダイオードの製造工程を示す図



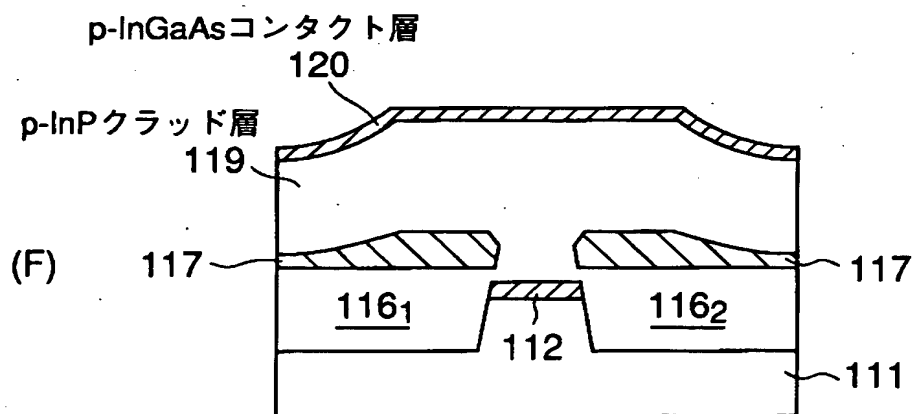
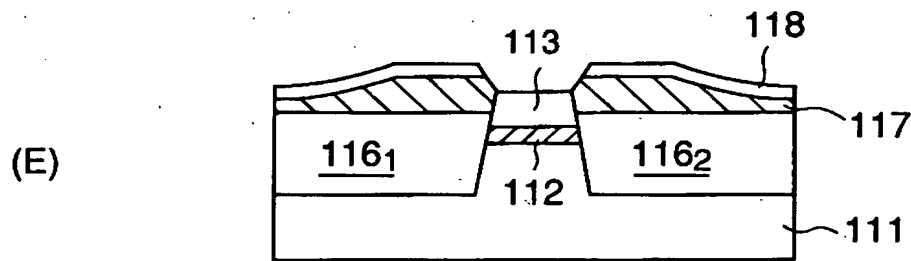
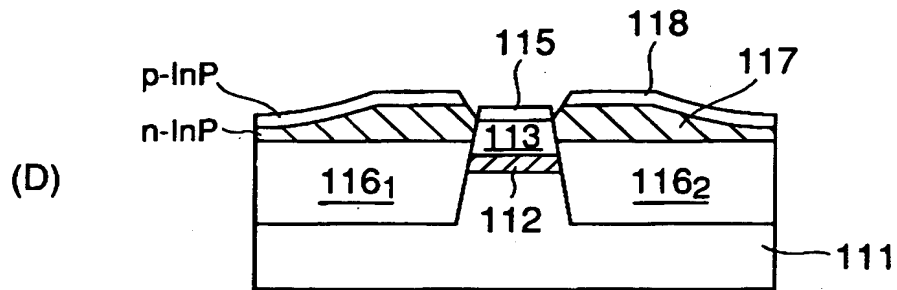
【図 2 0】

(A)～(C)は本発明の第3実施例によるレーザダイオードの製造工程を示す図（その1）



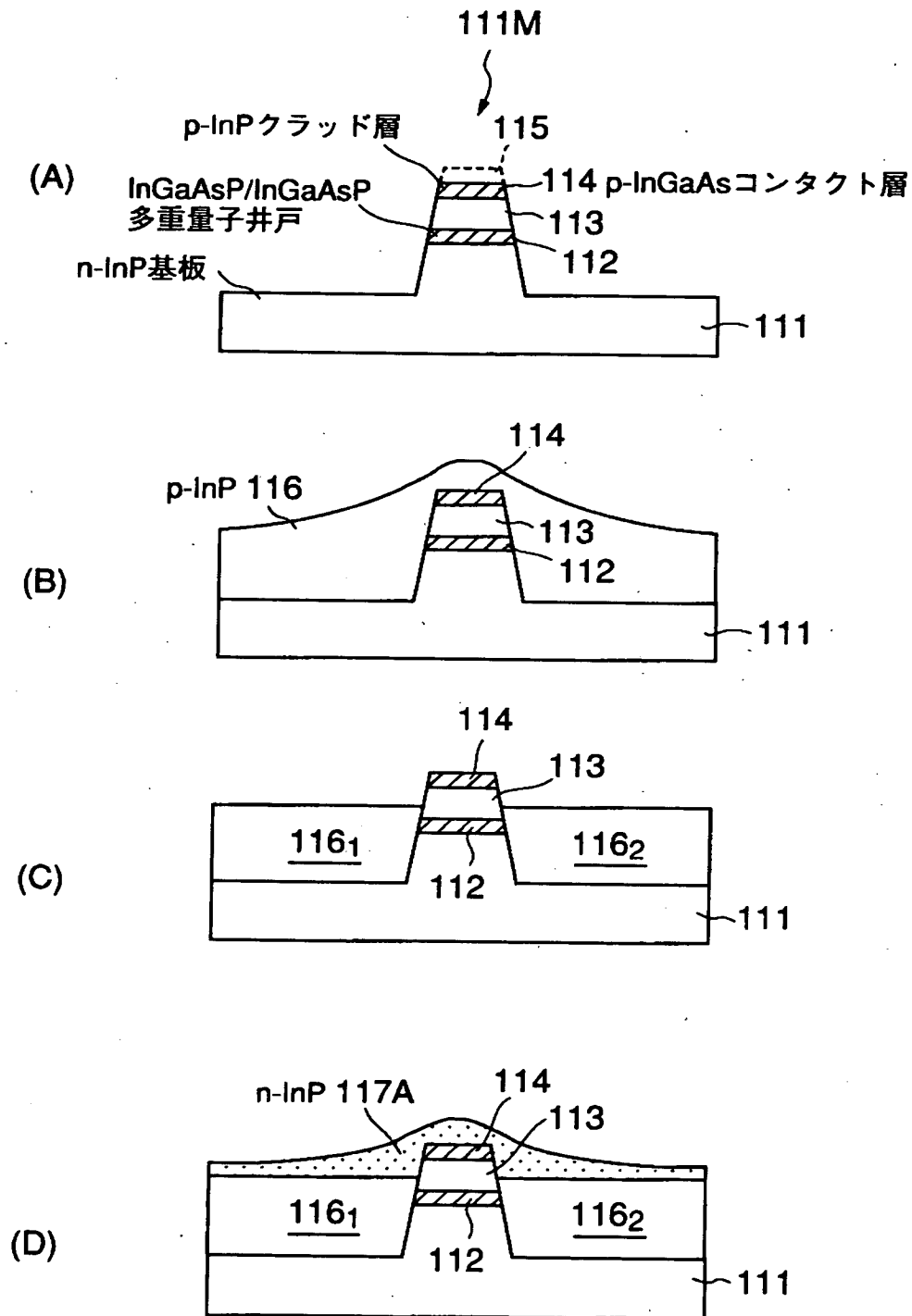
【図 2 1】

(D)～(F)は本発明の第3実施例によるレーザダイオードの製造工程を示す図（その2）



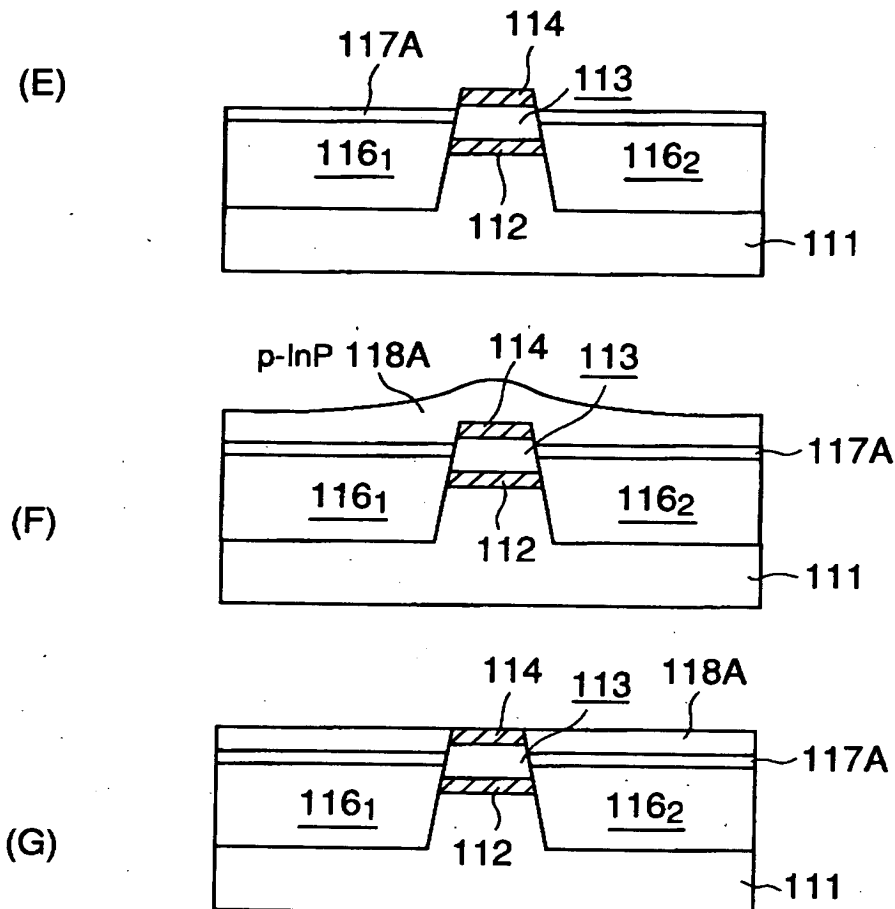
【図 2 2】

(A)～(D)は本発明の第4実施例によるレーザダイオードの製造工程を示す図（その1）



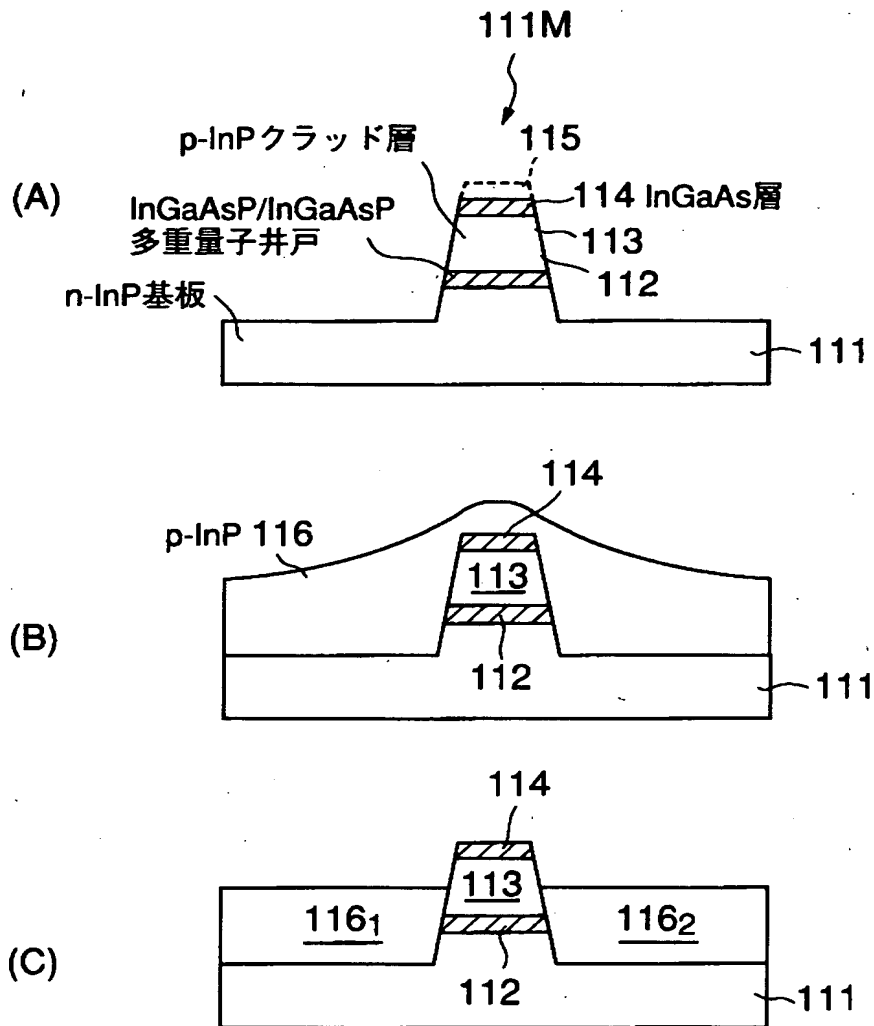
【図 2 3】

(E)～(G)は本発明の第4実施例によるレーザダイオードの製造工程を示す図（その2）



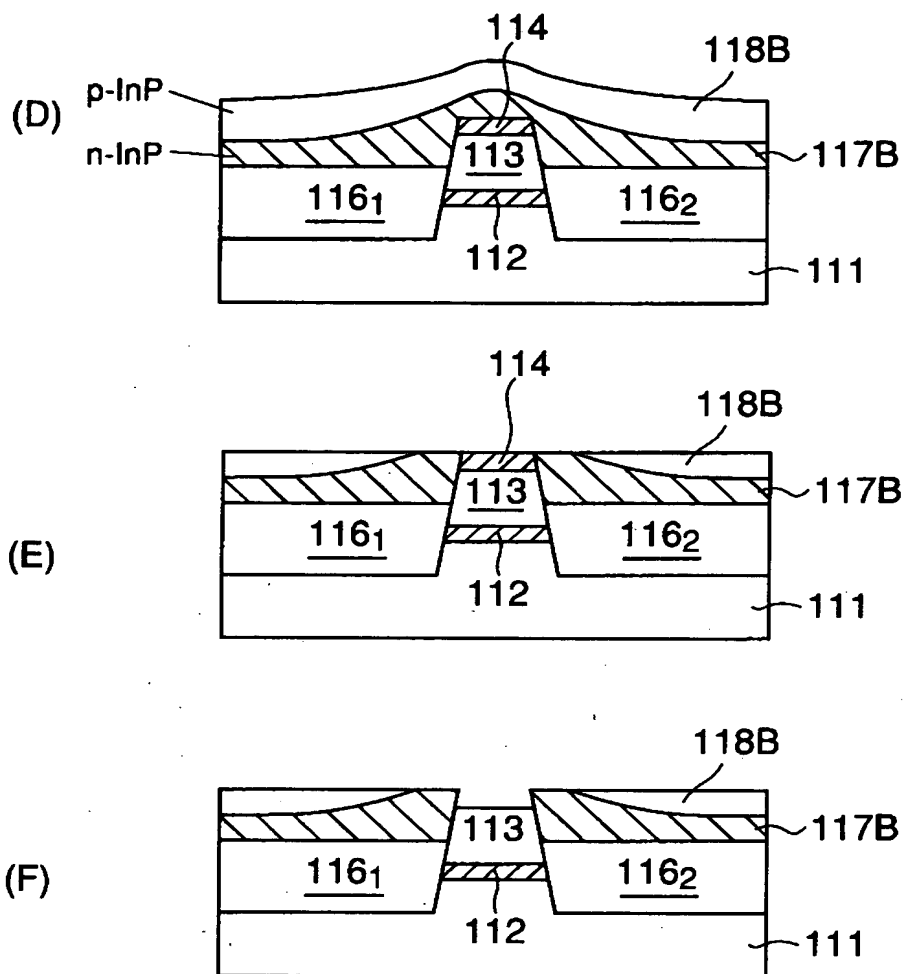
【図 2 4】

(A)～(C)は本発明の第5実施例によるレーザダイオードの製造工程を示す図（その1）



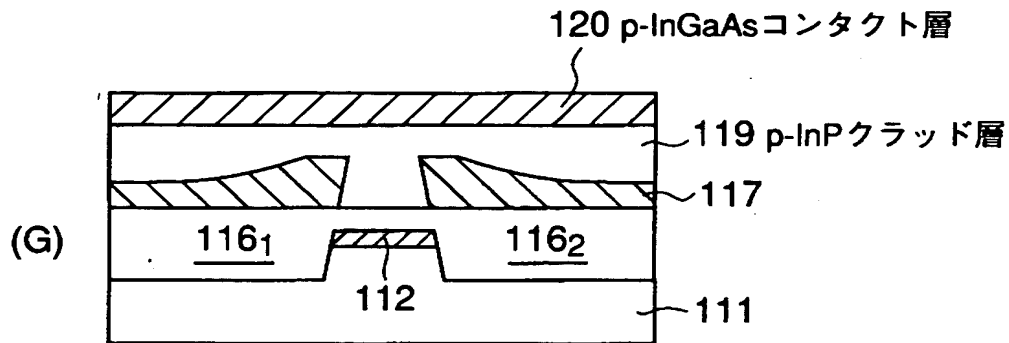
【図 2 5】

(D)～(F)は本発明の第5実施例によるレーザダイオードの製造工程を示す図（その2）



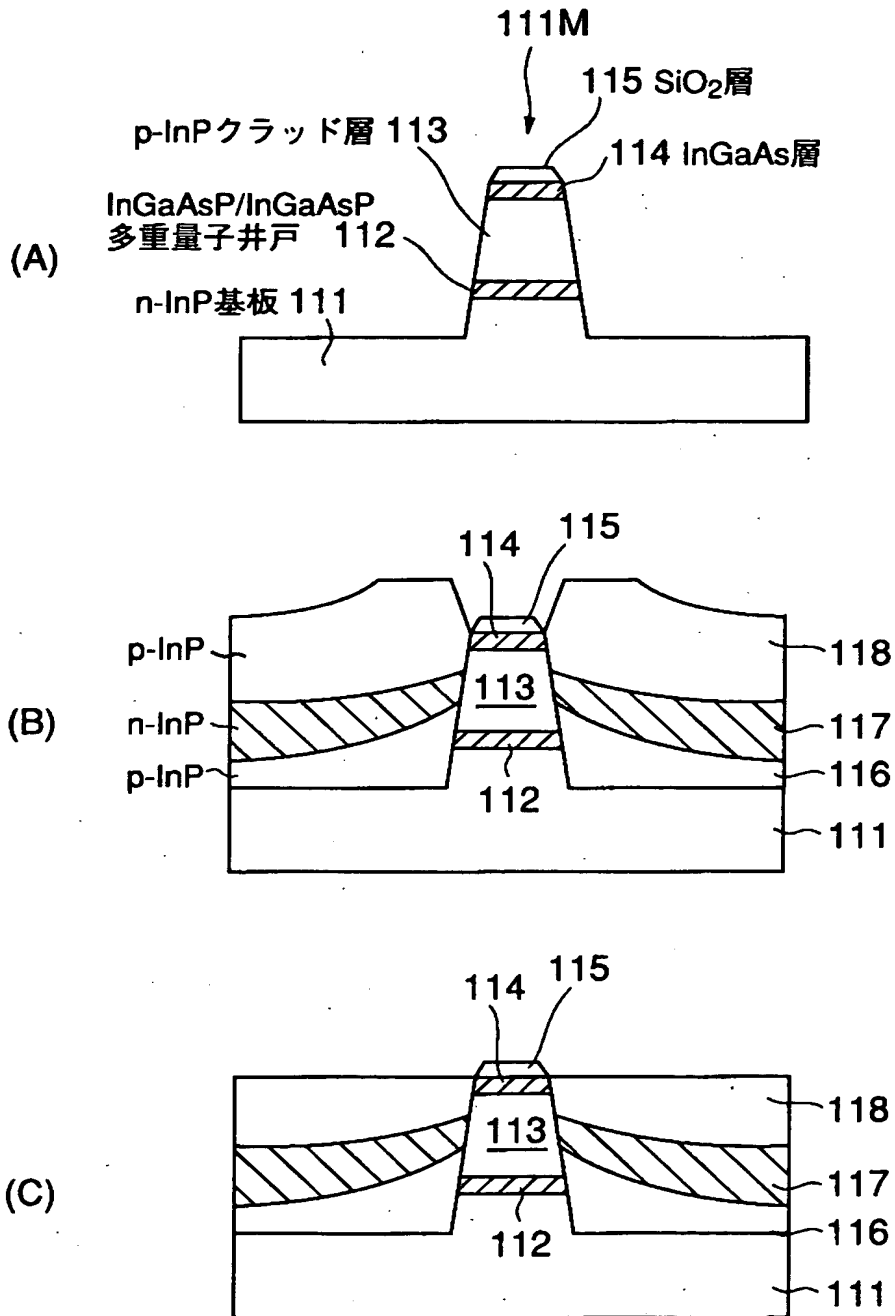
【図 2 6】

(G)は本発明の第5実施例によるレーザダイオードの製造工程を示す図（その3）



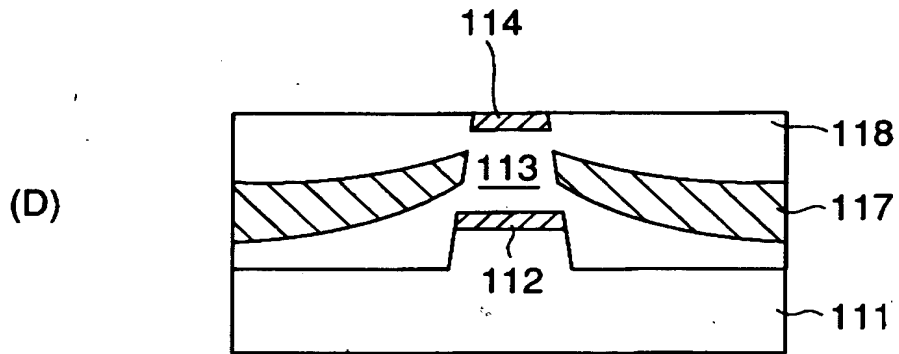
【図 2 7】

(A)～(C)は本発明の第6実施例によるレーザダイオードの製造工程を示す図（その1）



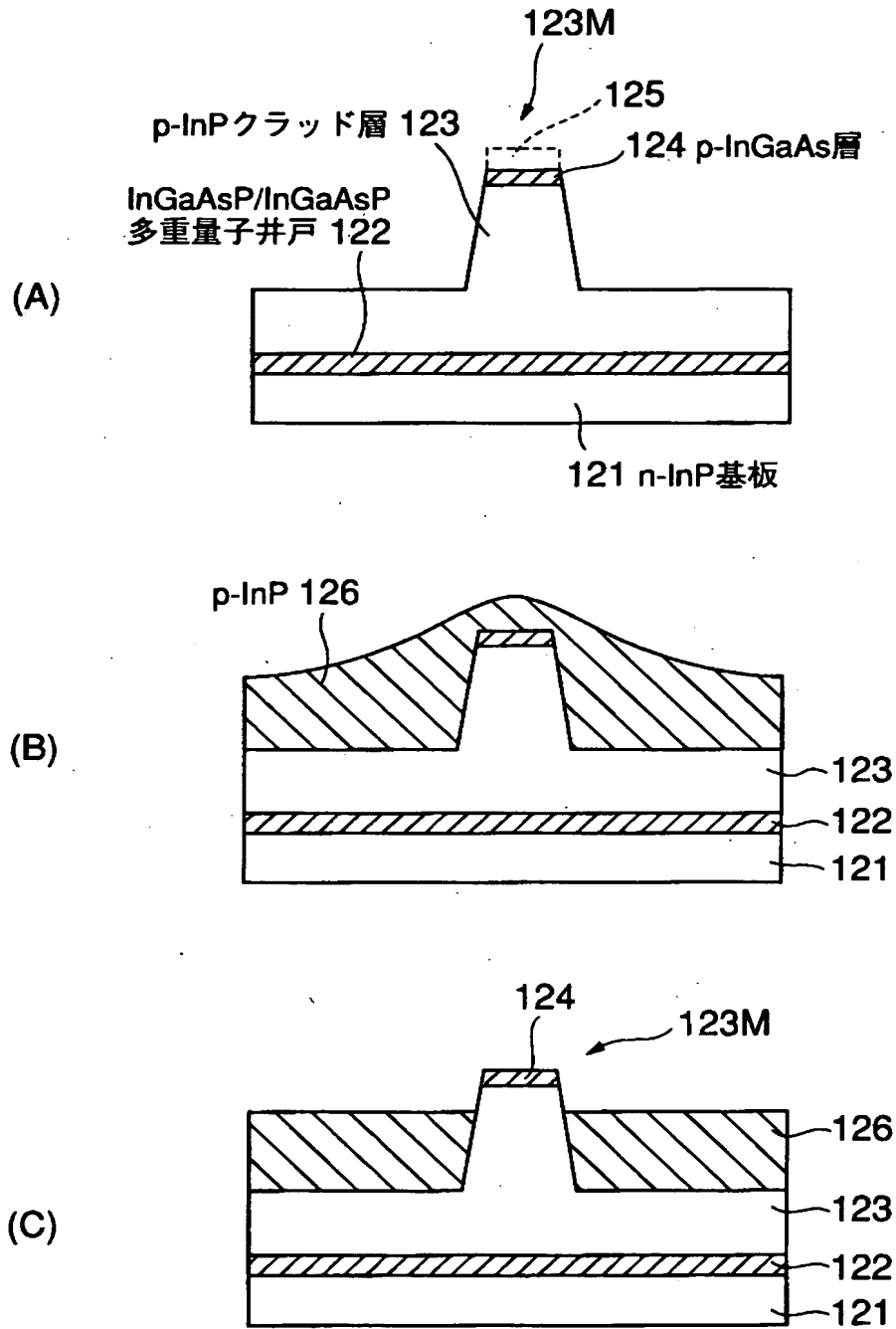
【図 2 8】

(D)は本発明の第6実施例によるレーザダイオードの製造工程を示す図（その2）



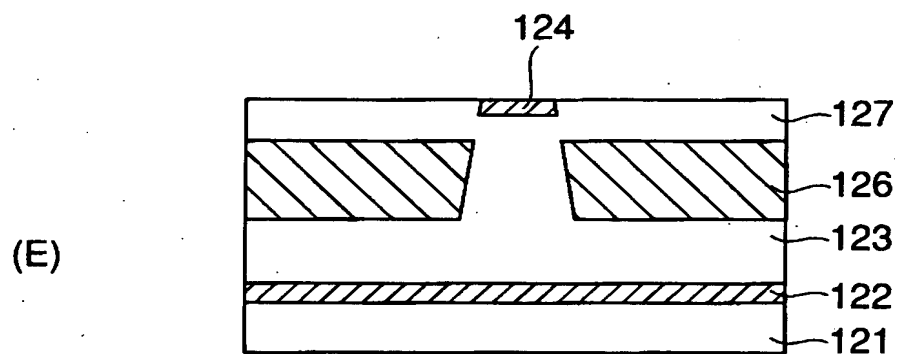
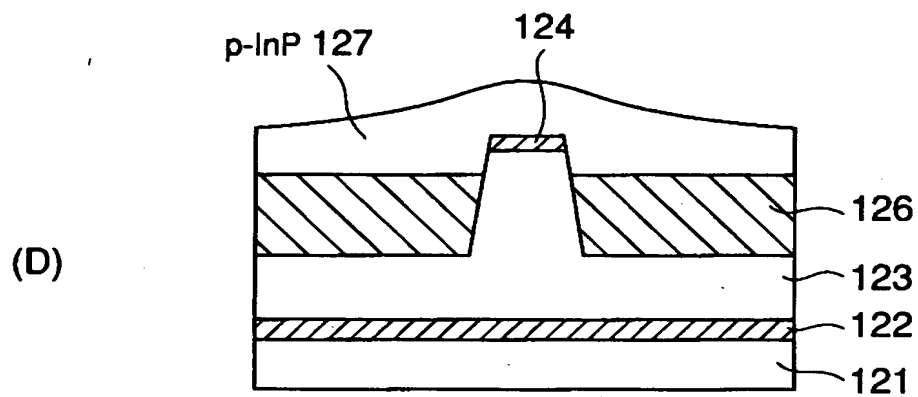
【図 2 9】

(A)～(C)は本発明の第7実施例によるレーザダイオードの製造工程を示す図（その1）



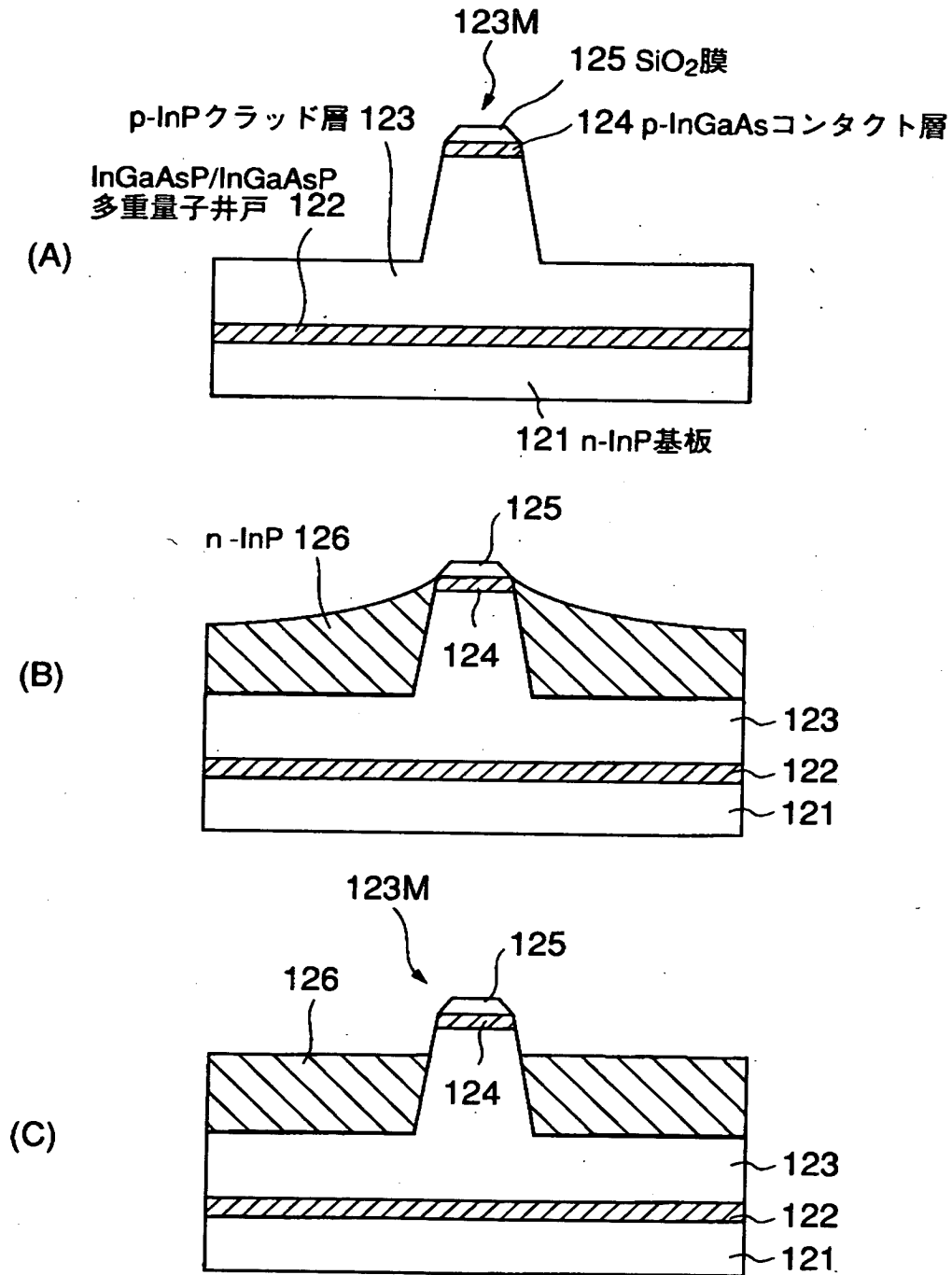
【図 3 0】

(D)～(E)は本発明の第7実施例によるレーザダイオードの製造工程を示す図（その2）



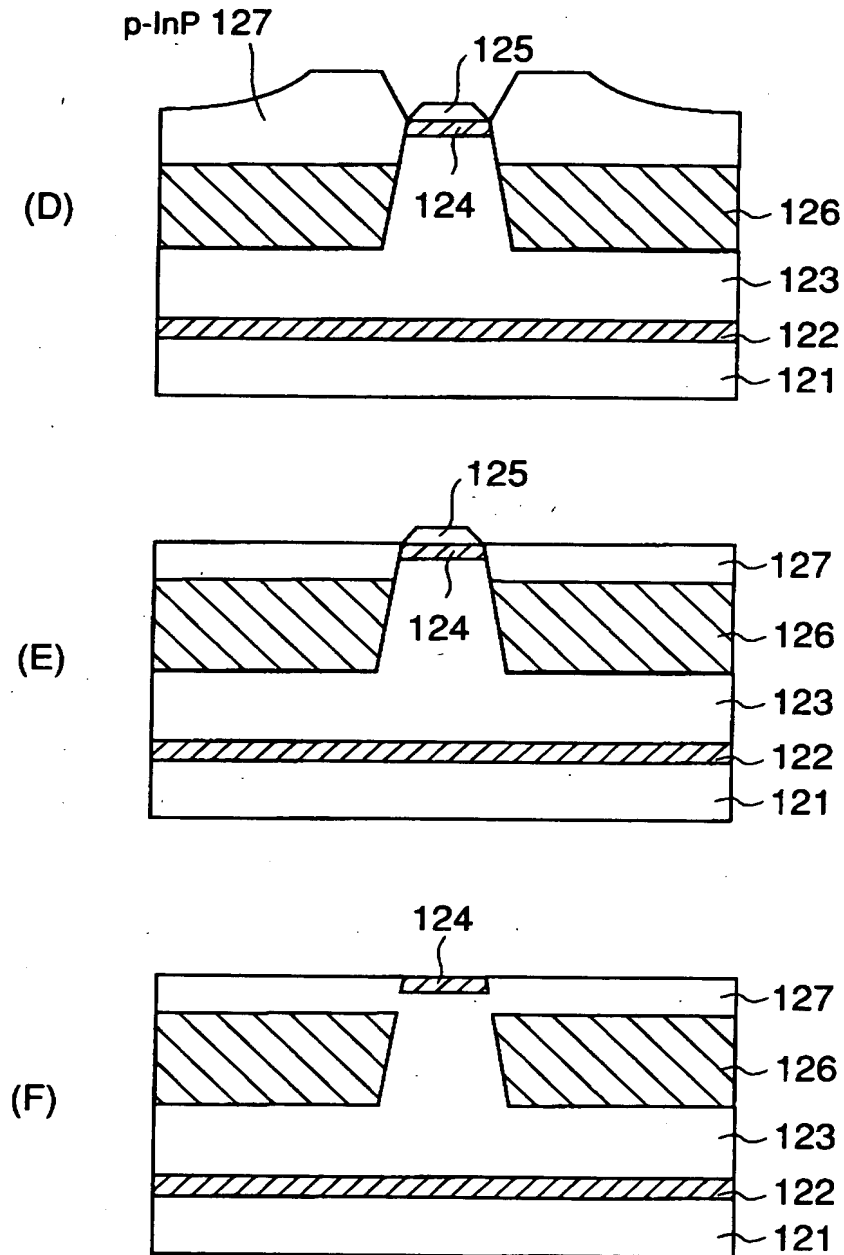
【図 3 1】

(A)～(D)は本発明の第8実施例によるレーザダイオードの製造工程を示す図（その2）



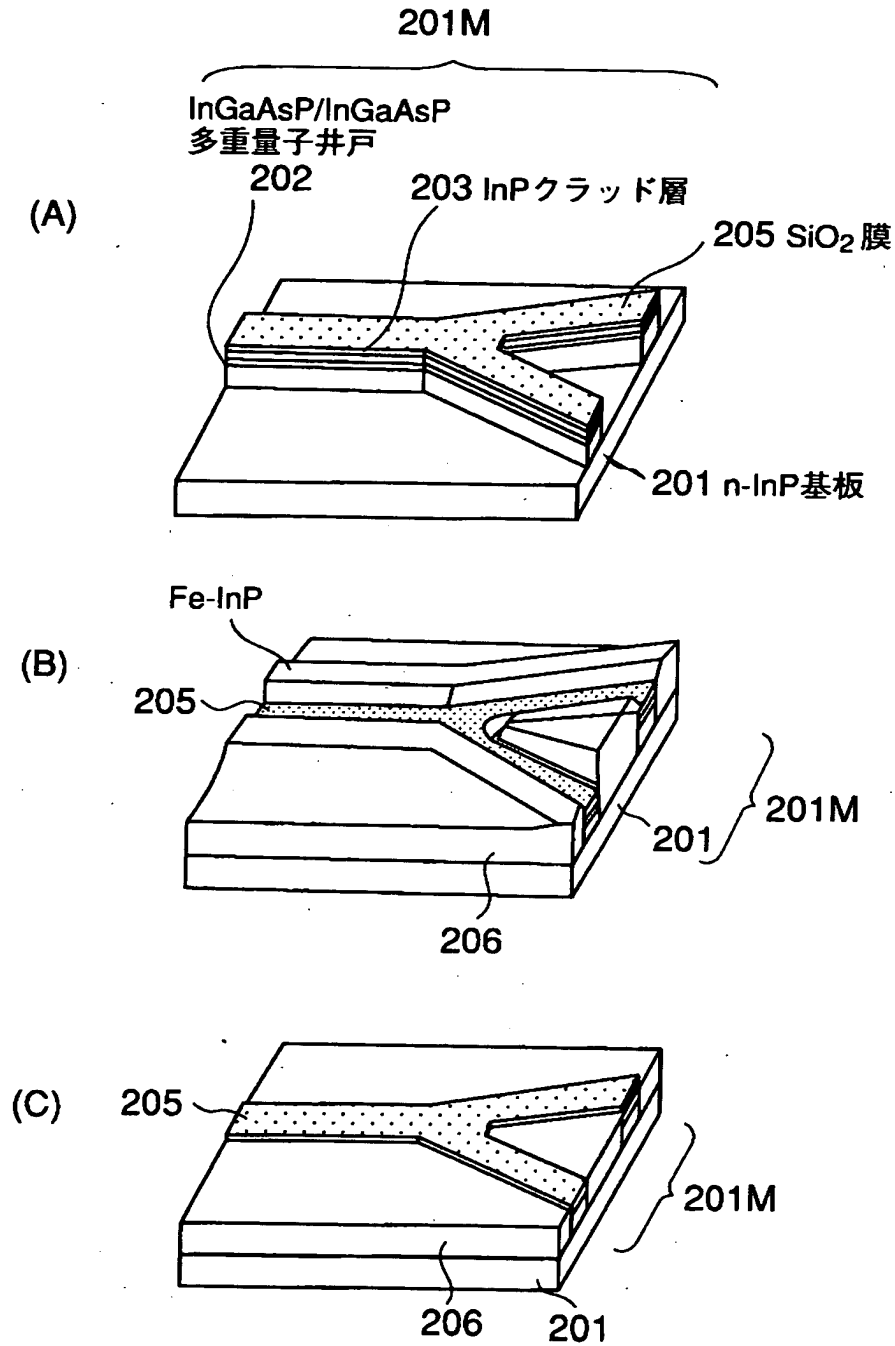
【図 3 2】

(D)～(F)は本発明の第8実施例によるレーザダイオードの製造工程を示す図（その2）



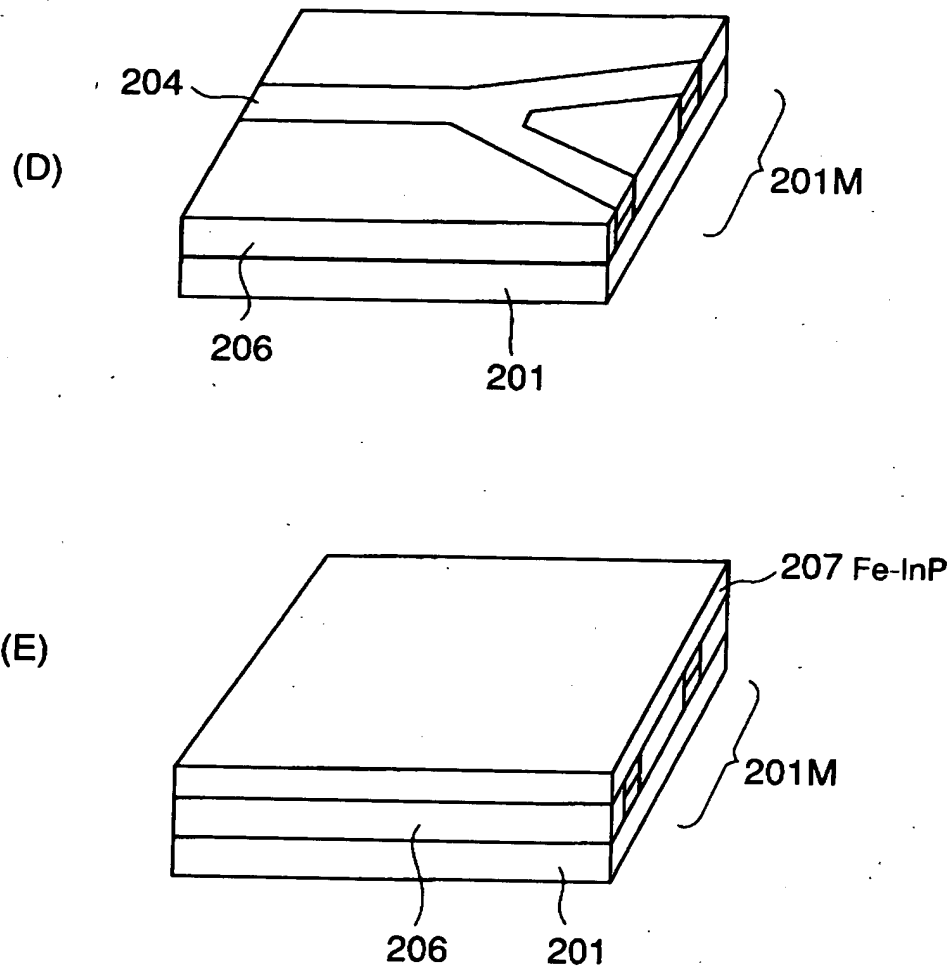
【図 3 3】

(A)～(C)は本発明の第9実施例によるレーザダイオードの製造工程を示す図（その1）



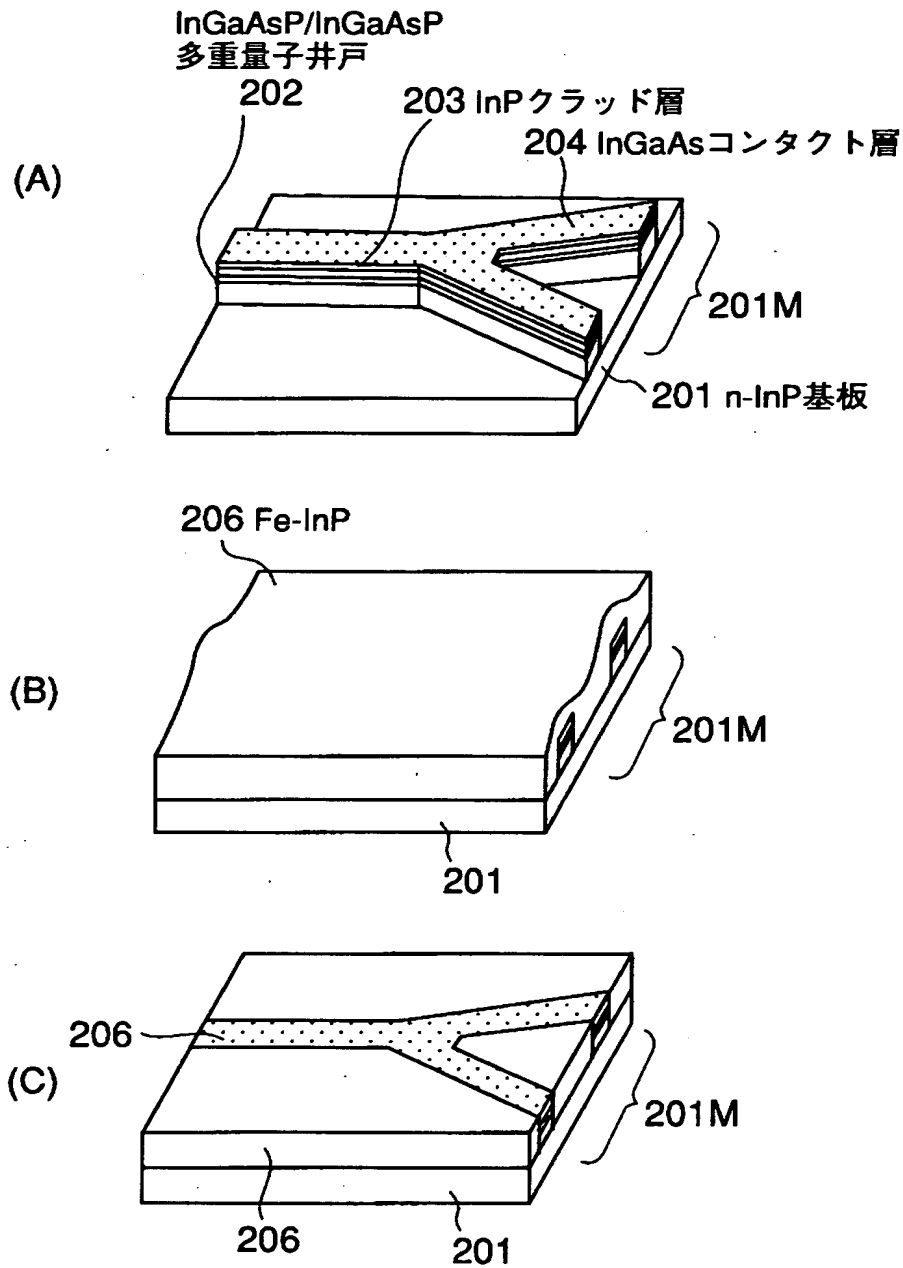
【図 3 4】

(D)～(E)は本発明の第9実施例によるレーザダイオードの製造工程を示す図（その2）



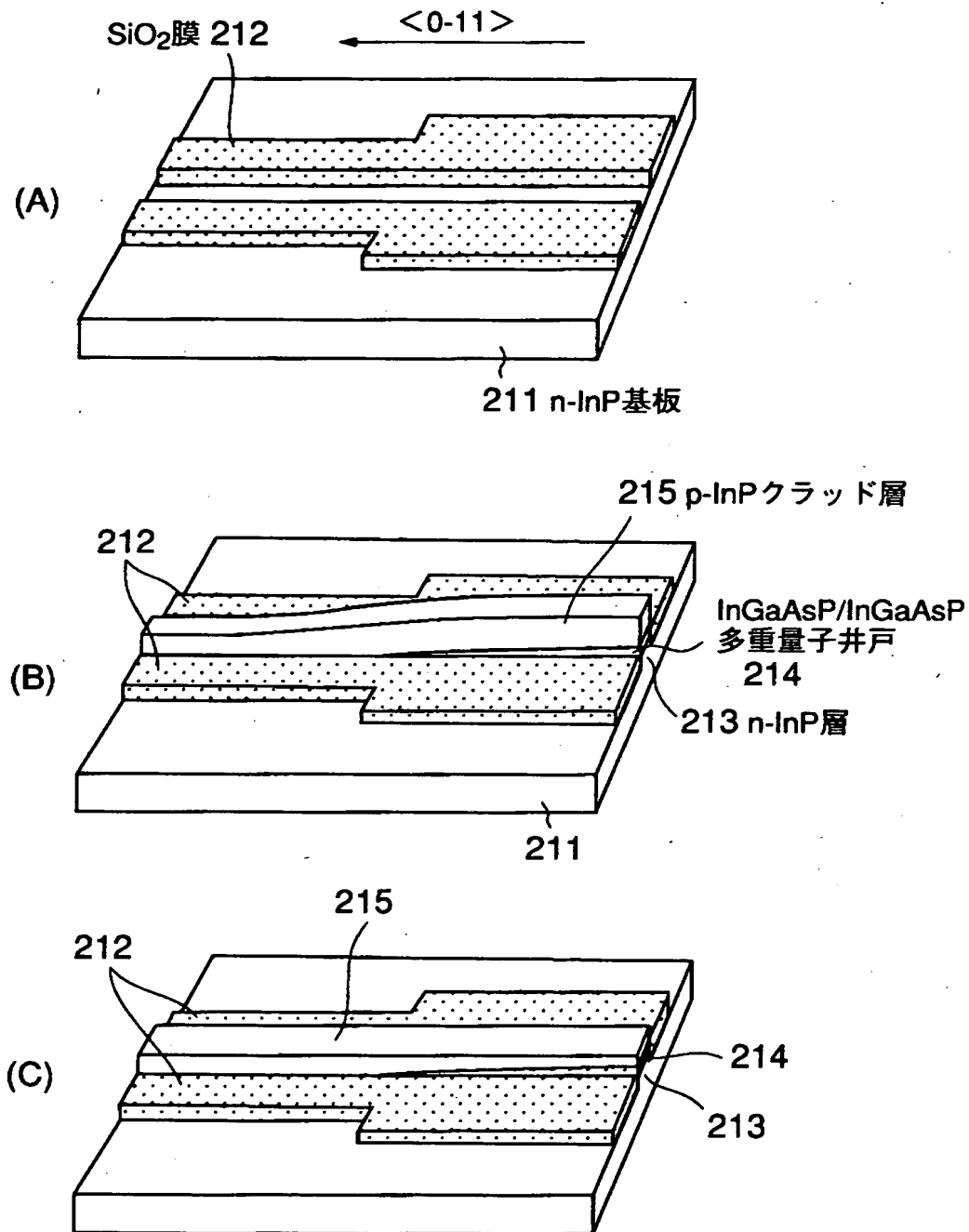
【図 3 5】

(A)~(C)は本発明の第10実施例によるレーザダイオードの製造工程を示す図（その1）



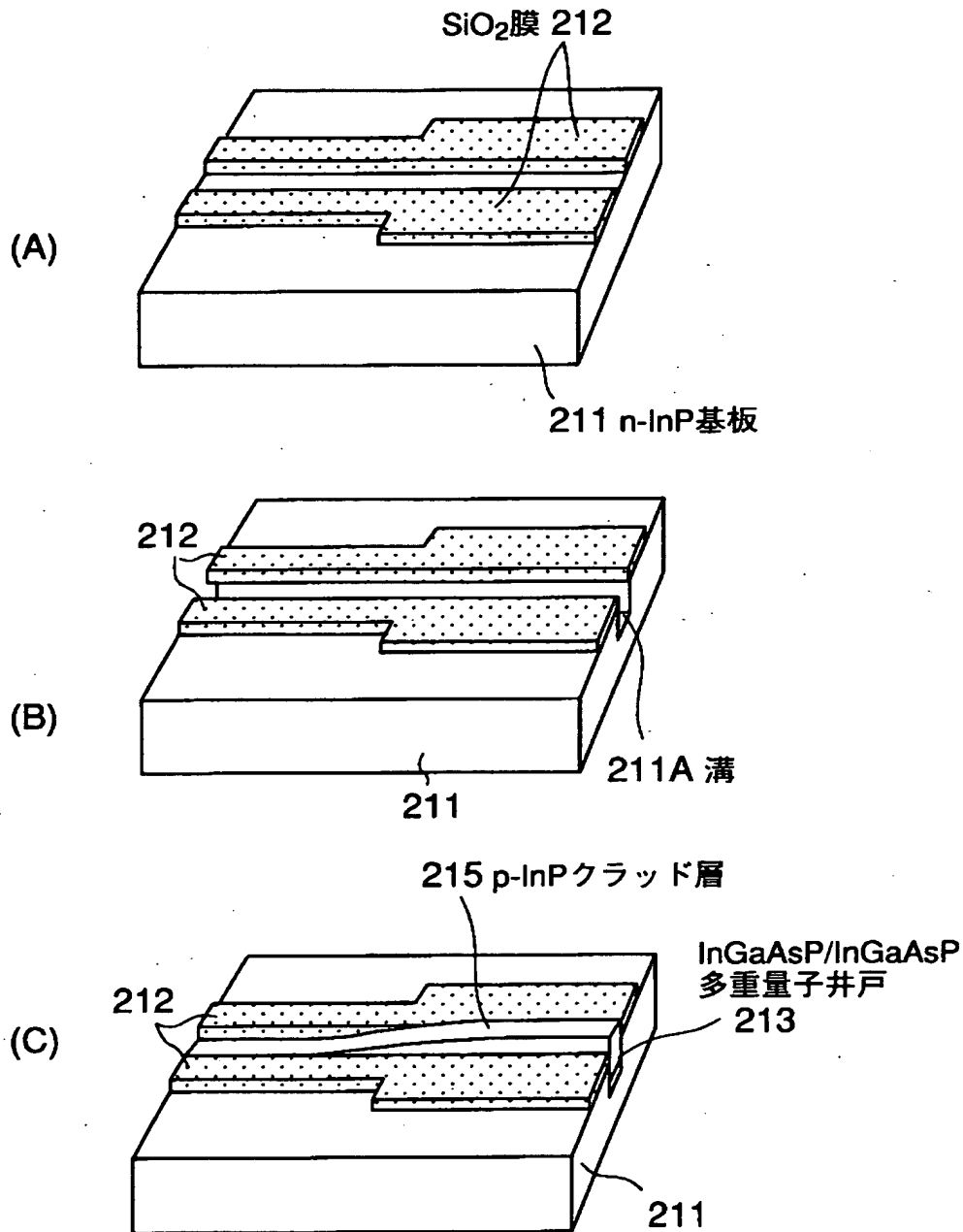
【図 3 6】

(A)～(C)は本発明の第11実施例によるレーザダイオードの製造工程を示す図



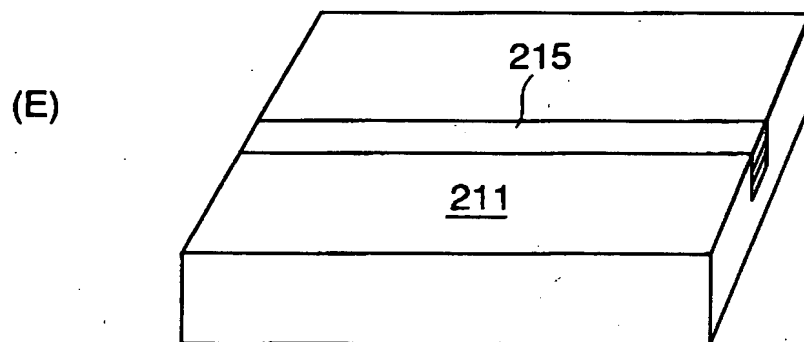
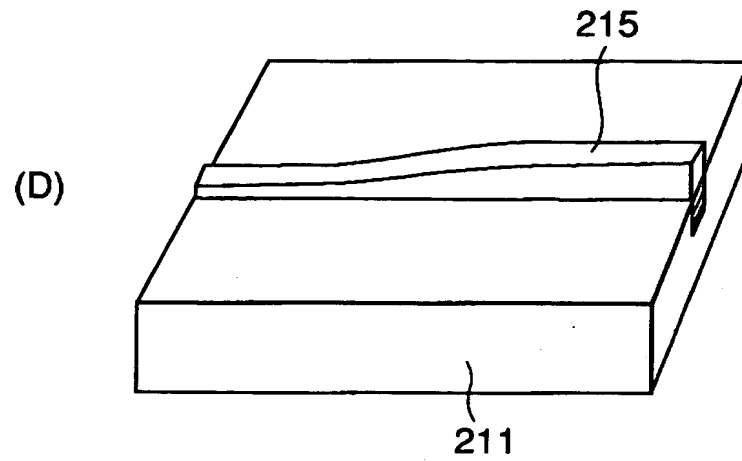
【図 37】

(A)～(C)は本発明の第12実施例によるレーザダイオードの製造工程を示す図（その1）



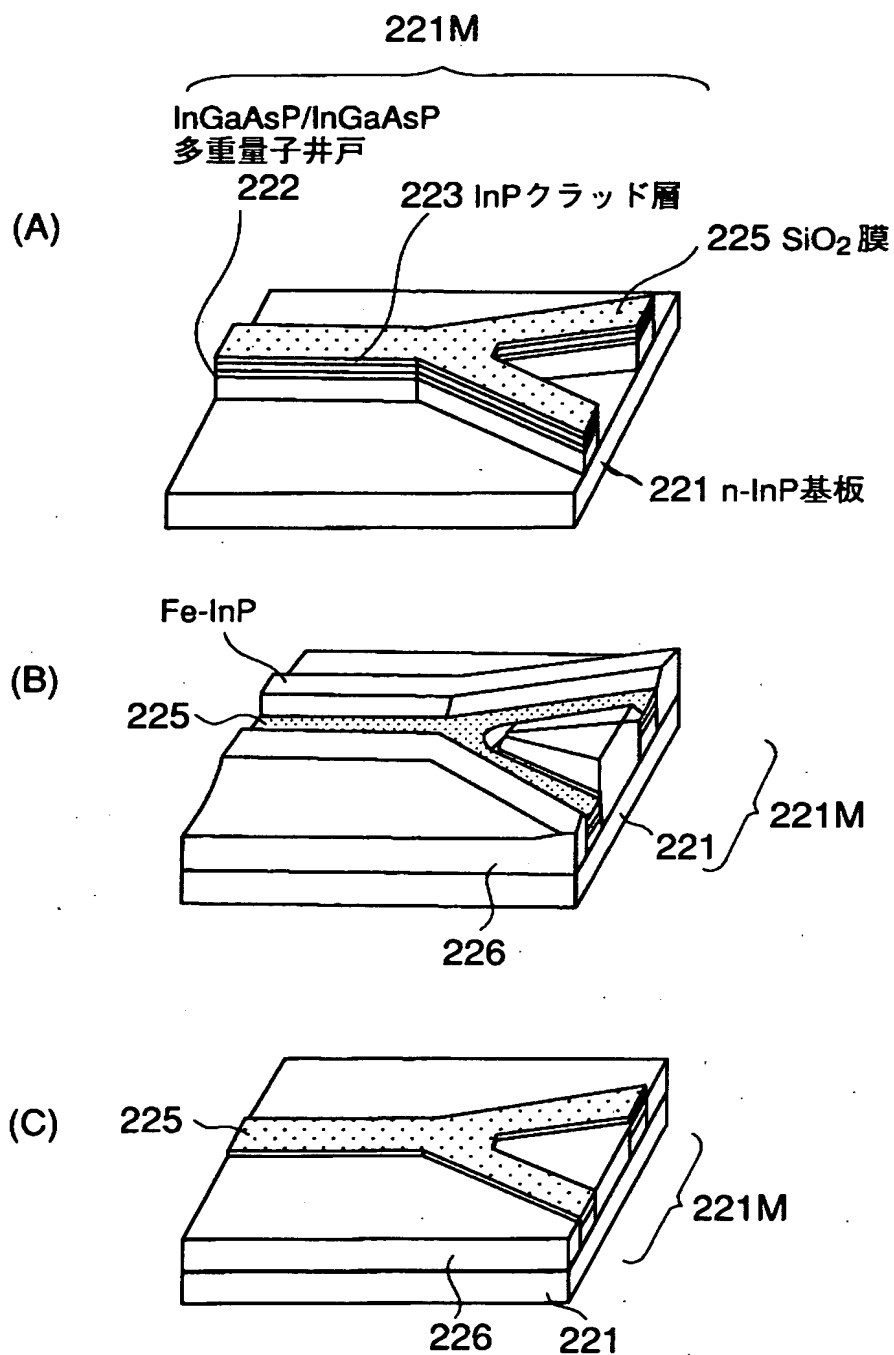
【図 3 8】

(D)～(E)は本発明の第12実施例によるレーザダイオードの製造工程を示す図（その2）



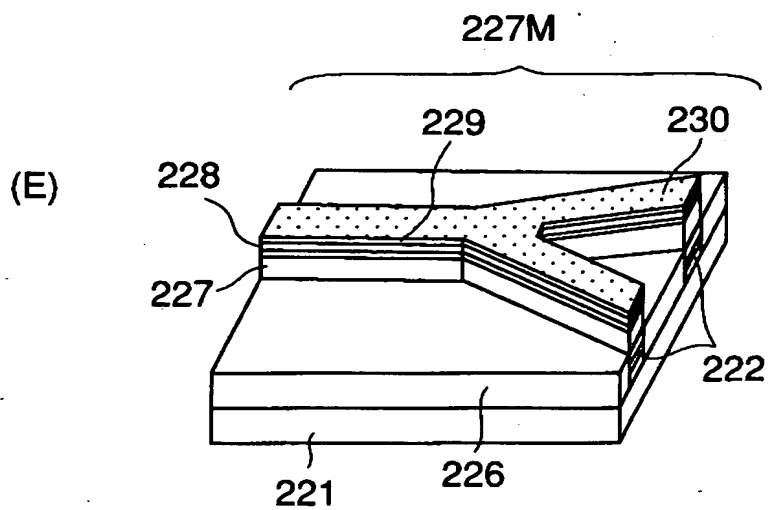
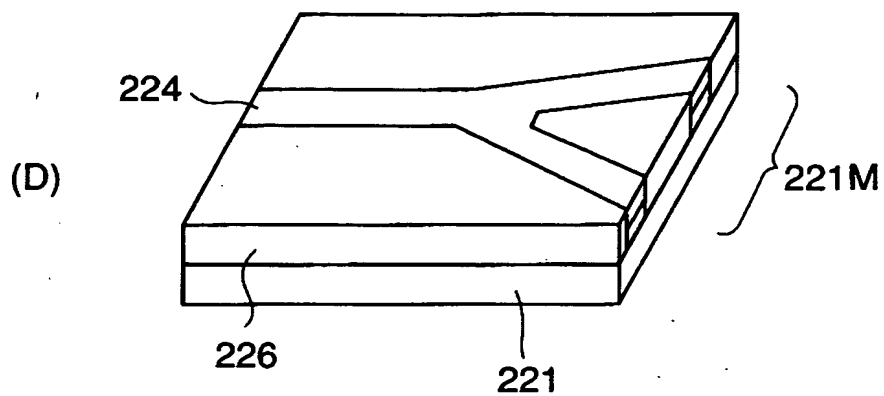
【図 3 9】

(A)～(C)は本発明の第13実施例によるレーザダイオードの製造工程を示す図（その1）



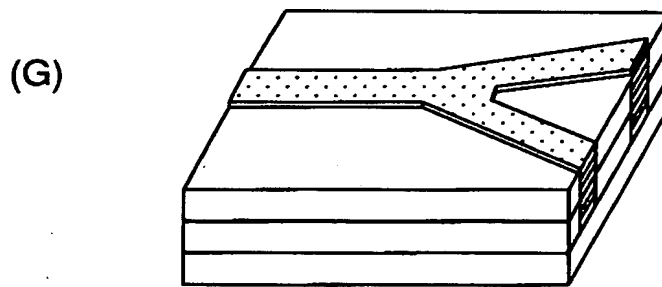
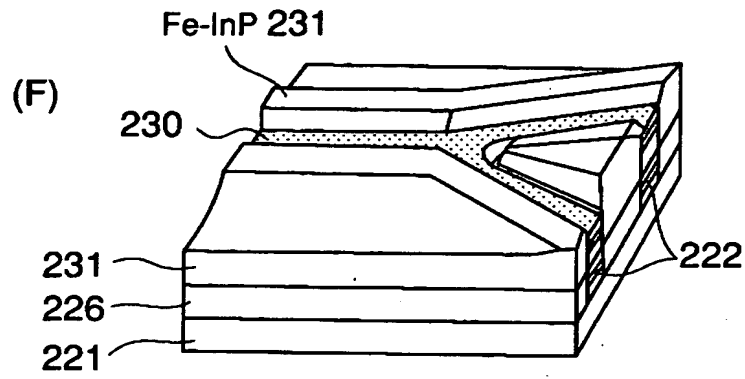
【図 4 0】

(D)～(E)は本発明の第13実施例によるレーザダイオードの製造工程を示す図（その2）



【図 4 1】

(F)～(G)は本発明の第13実施例によるレーザダイオードの製造工程を示す図（その3）



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 I n P 層の成長に伴い形成された段差を平坦化する。

【解決手段】 成長された I n P 層に、少なくとも塩酸と酢酸とを含むエッチャントを使ったウェットエッチング工程を適用する。

【選択図】 図 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000154325]

1. 変更年月日 1992年 4月 6日

[変更理由] 名称変更

住 所 山梨県中巨摩郡昭和町大字紙漣阿原1000番地
氏 名 富士通カンタムデバイス株式会社